आइनस्टाइनचें

विश्व

अनुवादक : द. के. केळकर

स्वस्त - पुस्तक - योजना : ९

ग. पां. परचुरे
प्रकाशन मन्दिर
मुंबई ४

मूल्य एक रुपया

आइनस्टाइनचें विश्व

अनुवादक : द. के. केळकर

स्वस्त-पुस्तक-योजना : ९ :

ग. पां. परचुरे
प्रकाशन मन्दिर
मुंबई ४

मूल्य एक रुपया

प्रथमावृत्ति : १५ नोव्हेंबर १९५९

मुद्रक : वि. पु. भागवत, मौज प्रिंटिंग ब्यूरो, खटाववाडी, मुंबअी ४

प्रकाशक : वि. ग. परचुरे, ग. पां. परचुरे प्रकाशन मन्दिर, गोरेगांवकर चाळ क्र. २, गिरगांव, मुंबअी ४

आइनस्टाइनकृत पुरस्कार

विज्ञानाच्या क्षेत्रांतील तात्त्विक प्रश्न रसाळ भाषेंत मांडणें हें काम किती कठीण आहे हें ज्यांनीं असा प्रयत्न केला आहे त्यांना कळून चुकलें आहे. कांहीं जण विषय सुबोध होण्यासाठीं अशा रीतीनें मांडतात कीं ते विषयाच्या गाभ्याला हातच घालीत नाहींत. मात्र विवेचनाचा आव आणतात, वरवरचीं उथळ अशीं अवतरणें देतात, आणि वाचकाला भ्रमांत ठेवतात कीं आपणाला विषयाचें मोठें सूक्ष्म आकलन झालें आहे. किंवा दुसरें टोक म्हणजे विषयाची मांडणी अगदीं काटेकोर केली जाते पण त्यामुळें होतें एवढेंच कीं त्या विषयाशीं परिचित नसलेल्या वाचकाला विषयाचें आकलनच होत नाहीं. आणि मग साहजिकच तो वाचावयाचें सोडून देतो.

शास्त्रीय विषयावरील अजच्या लोकप्रिय वाङ्मयांत ही दोन टोकें सोडलीं तर उरून राहील असें वाङ्मय फारच थोडें आहे; पण जें थोडें आहे तें मात्र निश्चितपणें बहुमोलाचें आहे. विज्ञानाच्या क्षेत्रांत जें नवनवीन संशोधन चालू आहे त्याचा अनुभव घेण्याची, समजून उमजून जाणतेपणीं अनुभव घेण्याची, संधी बहुजन-समाजाला प्राप्त करून देणें हें फार महत्त्वाचें कार्य आहे. संशोधनांतून बाहेर पडणाऱ्या प्रत्येक निष्कर्षाचा तपशीलवार वृत्तांत कांहीं श्रेष्ठ तज्ज्ञांनीं मांडल्यानें काम भागत नाहीं. ज्ञानाचें क्षेत्र एका उच्च पातळीवरच्या अल्प संख्यांकांकरितां संकुचित केल्यानें बहुजनसमाजाला त्यांतील वेदान्त अनाकलनीय होतो व तो समाज वेदांताच्या क्षेत्रांत पोरका होतो.

लिंकन बार्नेटचें हें पुस्तक म्हणजे लोकप्रिय अशा शास्त्रीय वाङ्मयांत मोलाची भर टाकणाऱ्याचें एक प्रतीक होय. सापेक्षता सिद्धांतासंबंधीच्या प्रमुख कल्पना येथें अगदी आकर्षक पद्धतीनें मांडलेल्या आहेत. शिवाय पदार्थविज्ञानाच्या क्षेत्रांतील आजची स्थिति मोठ्या कौशल्यानें रेखाटली आहे. ग्रंथकारानें दाखवून दिलें आहे कीं वस्तुस्थितीचें ज्ञान जसजसें वृद्धिंगत होत आहे व प्रायोगिक ज्ञानाच्या अनेक क्षेत्रांत जसजशी तात्त्विक एकात्मता येत चालली आहे तसतसें अनेक क्षेत्रांत विजय मिळत चालला असला तरी मूलभूत तत्त्वें कोणतीं मानावीं याविषयीं अनिश्चितता कायमच आहे.

प्रिन्स्टन न्यूजेरसी

सप्टेंबर १०, १९४८

१

न्यूयॉर्कमधील रिव्हरसाइड प्रार्थनामंदिरांतील पांढऱ्या शुभ्र भिंतीवर आजवर होऊन गेलेल्या थोर थोर अशा ६०० विभूतींचीं चित्रें खोदलेलीं आहेत. ते सर्वच संत, तत्त्वज्ञ, नृपति म्हणून अनेक क्षेत्रांत अमर होऊन राहिलेले आहेत. एका फलिकेवर प्रतिभावान वैज्ञानिकांच्या मूर्ती खोदलेल्या आहेत. त्यांपैकीं १४ मूर्ती इ. स. ३७० या वर्षीं दिवंगत झालेल्या हिपोकेटस यापासून १९५५ सालीं मृत्यु पावलेल्या आल्बर्ट आइनस्टाइन यांच्या आहेत. दिवंगत झालेल्या या ख्यातनाम व्यक्तिश्रेष्ठांच्या मूर्तींत आजच्या पिढीला अवगत असलेल्या फक्त एकाचीच मूर्ति आहे कीं ज्यानें सगळ्या जगांत खळबळ उडवून सोडली होती.

त्याचबरोबर हेंहि लक्ष वेधण्यासारखेंच आहे कीं मॅनहटन येथील या आकर्षक अशा प्रॉटेस्टंट चर्चला भेटी देणाऱ्या लोकांपैकीं शेंकडा ९९ लोकांना आइनस्टाइनची मूर्ति त्या ठिकाणीं कशाकरितां बसविलेली आहे असें विचारलें तर ते गोंधळून जातील! पण ती मूर्ति तेथें उभी आहे याचा इतिहास असा आहे कीं एका पिढीपूर्वी या चर्चमध्यें कांहीं मूर्ती बसविण्याचें जेव्हां ठरविण्यांत आलें तेव्हां डॉ. हॅरि इमरसन फॉसडिक यानें आपल्या राष्ट्रांतील श्रेष्ठ अशा शास्त्रज्ञांचीं नांवें सुचविण्याबद्दल सर्व प्रमुख शास्त्रज्ञांना पत्रें लिहिलीं. त्यांनीं वेगवेगळीं नांवें सुचविलीं. बहुतेकांच्या यादींत आर्किमिडीज, युक्लिड, गॅलिलिओ व न्यूटन यांचीं नांवें होतींच. पण सर्वच याद्यांत ज्याचें नांव चमकलें असा पुरुष कोण असेल तर तो आल्बर्ट आइनस्टाइन!

१९०५ मध्यें आइनस्टाइननें आपला सुप्रसिद्ध सापेक्षतेचा सिद्धांत प्रथम प्रसिद्ध केला. पण त्यावेळानंतर आइनस्टाइनचें विज्ञानक्षेत्रांतील महनीय स्थान सामान्य सुशिक्षिताच्या लक्षांत येण्यास पन्नास वर्षांचा मोठा कालखंड लोटावा लागला. यावरून अमेरिकन शिक्षणखात्याला केवढें मोठें थोरलें अंतर

गांठावयाचें होतें याची कल्पना येईल. आजच्या वर्तमानपत्राच्या साध्याहि वाचकाला सामान्यपणें माहीत असतें कीं ॲटमबॉंबनिर्मितींत आइनस्टाइनचा कांहीं तरी हात होता. याच्या पलीकडे मात्र त्याचें नांव म्हणजे गूढवादाचा एक पर्याय शब्द म्हणूनच ओळखलें जातें. त्यानें मांडलेल्या उपपत्ती आजच्या विज्ञानाचा एक भाग म्हणून गणल्या जात असल्या तरी शिक्षणक्षेत्रांतील अभ्यासक्रमांत त्यांना अद्याप स्थान नाहीं. यामुळें पदवीचा अभ्यास करणाऱ्या महाविद्यालयांतील विद्यार्थीहि येवढेंच समजून असतो कीं आइनस्टाइननें उच्चांक गांठला तो फक्त गणितांत. पण सृष्टीचें गूढ उकलण्याची जी मानवाची धडपड आहे त्यांत आइनस्टाइननें शोधून काढलेल्या कांहीं विश्वव्यापी नियमांनीं जो फार मोठा पल्ला गांठलेला आहे त्याचा त्याला थांग ना पत्ता ! सापेक्षता सिद्धांतानें नुसत्या विज्ञानाच्या क्षेत्रांतच महत्त्वाचें स्थान मिळविलेलें नसून ज्ञानाच्या प्रक्रियेविषयीं लॉके, बर्क्ले व ह्यूम या थोर तत्त्ववेत्त्यांनीं जे सिद्धांत मांडले आहेत त्यांवरहि त्यानें आकर्षक प्रकाश टाकलेला आहे. सामान्य सुशिक्षिताला याचें ज्ञान नसल्यानें ज्या विश्वांत आपण राहतों, त्याच्या विस्ताराची, आर्षकतेची व गूढ मांडणीची त्याला कल्पनाहि नसते.

उच्च शिक्षणाला वाहिलेल्या प्रिन्स्टन संस्थेंत सेवानिवृत्त प्राध्यापक म्हणून डॉ. आइनस्टाइन वावरत होते. तेथें यांनीं आपल्या आयुष्याचीं शेवटचीं वर्षें हीं पावशतक कालपर्यंत ज्या समस्येनें त्यांना भेडसावून सोडलें होतें ती सोडविण्याला वाहून घेतली होती. त्यातूनच त्यांची सुसंघटित क्षेत्राची Unified field theory उपपत्ति जन्मास आली. या उपपत्तीनें विश्वव्यापी अशा ज्या दोन मूलभूत शक्ति म्हणजे गुरुत्वाकर्षण व विद्युत्चुंबकीयत्व त्यांचे नियम एका सुसंघटित मालिकेंत बसविण्याचा प्रयत्न त्यांनीं केला. या प्रयत्नाचें महनीयत्व लक्षांत येण्याकरितां एवढें स्पष्ट करणें अवश्य आहे कीं बाह्य विश्वांतील प्रमुख घडामोडी ह्या सर्व या दोन मूलभूत शक्तीनींच घडून येत असतात. विद्युत् आणि लोहचुंबक हीं पुरातन ग्रीक काळापासून माहीत होतीं व अभ्यासिली जात होतीं. पण शंभर वर्षांपूर्वींपर्यंत या दोन्ही शक्ती भिन्न मानल्या जात. १९ व्या शतकांतील उरस्टेड[१] व फॅराडे यांच्या प्रयोगांनीं मात्र आतां असें दाखवून दिलें आहे कीं विद्युत्प्रवाहाभोंवतींच्या क्षेत्रांत लोहचुंबकांचेंहि आकर्षण चालू असतें; आणि उलट बाजूनें लोहचुंबकहि कांहीं विशिष्ट परिस्थितींत विद्युत्प्रवाह सोडत असतो. या प्रयोगा-

१. Oersted, Faraday

वरूनच विद्युत्चुंबकीय क्षेत्राचा शोध पुढें आला; व त्यावरून दिसून आलें कीं या क्षेत्रांतूनच प्रकाश, रेडिओ, व विद्युत्चुंबकीय धक्के हे सर्व अंतराळांतून धाडले जात असतात.

यावरून विद्युत् शक्ति आणि लोहचुंबक शक्ति हीं एकाच शक्तीचीं दोन रूपें मानलीं जावीं. गुरुत्वाकर्षण आणि नुकतेंच उजेडांत आलेलें व अद्यापहि ज्याचें स्वरूप बरेचसें गूढच आहे तें मेसॉन[1] आकर्षण या दोन शक्ती सोडल्या तर, बाकीच्या शक्ती म्हणजे घर्षणशक्ति, व्यूहाणूमध्यें अणूंना एकसंघ ठेवणारी रासायनिक शक्ति, द्रव्यकणांना एकसंध ठेवणारी शक्ति, वस्तूंना आपलें रूप टिकवून धरूं देणारी लवचिकपणांतील शक्ति या सर्व मूळच्या विद्युदाकर्षणशक्तीच होत. कारण या सर्वच ठिकाणीं वस्तूंची क्रिया चालू असते आणि वस्तू ज्या अणूंच्या बनलेल्या असतात ते अणू मुळांत विद्युत्कण असतात. तथापि गुरुत्वाकर्षण आणि विद्युत्चुंबकीय व्यापार यांतील साम्य मात्र आकर्षक असेंच आहे. सूर्याभोवतीं ग्रह फिरतात ते त्याच्या आकर्षणाच्या क्षेत्रांत आणि अणूच्या अंतरंगीं त्याच्या केंद्रांभोंवतीं पिंगा घालणारे इलेक्ट्रॉन्स[2] हे विद्युत्-चुंबकीय क्षेत्रांतच भटकत असतात. पृथ्वी हाहि एक बडा लोहचुंबकच आहे ही गोष्ट ज्यांनीं दिशादर्शक लोहचुंबकीय होकायंत्राचा उपयोग केला आहे त्यांना माहीतच आहे. सूर्याभोंवतीं आकर्षणक्षेत्र असतें. आणि तसेंच सर्व ताऱ्याभोंवतींहि.

गुरुत्वाकर्षण आणि लोहचुंबकीय आकर्षण हीं मुळांत एकच होत हें दाखविण्याचे अनेक प्रयत्न करण्यांत आले; पण यशस्वी एकहि झाला नाहीं. १९२९ मध्यें आइनस्टाइननें एकसंध क्षेत्राची[3] कल्पना मांडली व सर्व गूढ उकललें असा निःश्वास सोडला. पण ती कल्पना अपुरी आहे हें दिसून येतांच त्यानेंच ती सोडून दिली. १९४९ च्या अंतीं त्यानें एक नवी कल्पना मांडली ती पूर्वीच्या कल्पनेपेक्षांहि धडाडीची व व्यापक होती. कारण त्या उपपत्तीनें असे विश्वव्यापी सिद्धांत मांडले कीं ते आकाशांतील अनंत विश्वाला गुरुत्वाकर्षण आणि विद्युत्-चुंबकीय आकर्षण या रूपानें जसे लागू पडावे, तसेच अणूच्या अंतरंगातील गूढ विश्वाच्या एकसंध क्षेत्राची व्यापक अशी उपपत्ति निश्चित ठरेल कीं नाहीं हें कित्येक महिने अथवा वर्षे गणित आणि प्रयोग करीत राहिल्यानेंच कळून यावें. पण जेव्हां कळून येईल तेव्हां अथांग विश्व आणि क्षुद्रतम कण—अति व्यापक आणि अवि क्षुद्र—या दोहोंतील दरीवर पूल बांधला जाईल. आणि

१. Meson २. Electrons ३. Unified field theory.

विश्वाचा आगडबंब पसारा हा एकसंध सुसूत्र मांडणीचा असून द्रव्य आणि शक्ति ही अभेद्य आहेत आणि विश्वांतील सर्वच गती, आकाशगंगेच्या संथ गतीपासून इलेक्ट्रॉनच्या अफाट गतीपर्यंत, या विश्वाच्या मूलतत्त्वाच्या आकारांत आणि संघटनेंत चालू असलेल्या व्यापाराचीच फलश्रुति होय हें कळून येईल.

शास्त्रज्ञांचा उद्देश ज्या जगांत आपण राहतों त्याचें वर्णन व विवरण करणें हा असल्यानें सृष्टीच्या अनंत रूपांतील एकत्वाचा ठाव घेणारी उपपत्तीच सर्वांत उत्तुंग अशी ठरेल. विवरण करणें ही संज्ञा अंतिम सत्याच्या शोधांत मात्र मर्यादित अर्थानें घ्यावी लागते हें सांगावयास नकोच. वीज, लोहचुंबक, गुरुत्वाकर्षण यांच्या अंतिम स्वरूपाचें विवरण विज्ञानाला अद्याप तरी साध्य झालेलें नाहीं. त्यांच्या व्यवहाराचें मोजमाप करतां येतें व आगाऊ सांगतांहि येतें. पण त्यांचें अंतिम स्वरूप काय आहे हें इ. स. पूर्व ५८५ सालीं मिलिटस येथील थेल्स यानें प्रथमच अँबर नांवाच्या सुगंधी पदार्थांत वीज उत्पन्न करतां येते हें दर्शवितांना ज्या कल्पना लढविल्या त्याच्या पलीकडे आजहि सांगता येत नाहीं. आजच्या बहुतेक शास्त्रज्ञांनीं सृष्टीच्या मुळाशीं असणाऱ्या गूढतत्त्वाचा मानवाला कधींतरी कां होईना पण थांग लागेल ही कल्पनाच त्याज्य ठरविली आहे. बर्ट्रांड रसेल म्हणतो, "वीज ही कांहीं सेंट पालच्या मंदिरासारखी दृश्य वस्तु नव्हे. वस्तूच्या घडामोडीचा तो एक प्रकार आहे. वस्तूंत वीज सोडली असतां त्या कशा वागतात आणि कोणत्या परिस्थितींत त्यांच्यांत विजेचा संचार होतो एवढें सांगितलें म्हणजे विजेविषयीं सांगण्यासारखें होतें तें सर्व सांगून झालें." अगदीं परवांपर्यंत असल्या विधनाची शास्त्रज्ञांनीं भंबेरी उडविली असती. गेलीं दोन हजार वर्षें ज्या ॲरिस्टॉटलच्या विचारसरणीचा पाश्चात्यांवर पगडा होता त्याची अशी श्रद्धा होती की स्वतःसिद्ध अशा प्रमाणावरून अनुमानानें जात जात मानव हा मूलतत्त्वापर्यंत गेल्याशिवाय राहणार नाहीं. उदाहरणार्थ, विश्वांतील प्रत्येक वस्तूला स्वतःचें असें स्थान असतें हें एक उघड असें सत्य असल्यानेच वस्तू खालीं पडतात त्या मूळच्या तेथल्या म्हणून, आणि धूर वर जातो तोहि तेथेंच त्याचें मूलस्थान असतें म्हणून. ॲरिस्टाटलच्या वेळच्या विज्ञानाचें ध्येय हें घटना कां घडतात ह्याचा खुलासा करणें हें होतें. आधुनिक विज्ञान हें गॅलिलिओच्या वेळीं जन्मास आलें आहे, आणि त्यानें घटना कशा घडतात हा प्रश्न उपस्थित केला. तेथूनच नियंत्रित अशा प्रयोगांना सुरुवात झाली व तोच आजच्या वैज्ञानिक संशोधनाचा पाया होऊन बसला आहे.

गॅलिलियो व त्याच्या पुढच्या पिढींतील न्यूटन यांच्या वेळेपासून जगाची एक

तांत्रिक कल्पना बसविण्यांत येऊन त्यांत वजन, ताण, स्पंदन, तरंग यांवर भर देण्यांत येऊं लागला. रोजच्या व्यावहारिक हिशेबांत बसूं शकणार नाहीं अशी गोष्टच असण्याचा संभव नाहीं असें वाटूं लागलें. प्रत्येक गोष्टीचें न्यूटनच्या काटेकोर अचूक पद्धतीच्या यांत्रिक नियमांनीं भविष्य वर्तवितां येईल व त्याचें प्रात्यक्षिक प्रयोगशाळेंत दाखवितां येईल असें दिसूं लागलें. पण गेलें शतक संपण्यापूर्वींच या कल्पित नियमांना कांहीं ठिकाणीं तरी बाध येतो हें आढळून आलें. असले बाध क्षुल्लक असले तरी इतके मूलगामी होते कीं न्यूटनकालीन यांत्रिक विश्व त्यानें हादरून गेलें. घटना कशा घडून येतात हें निश्चितपणें सांगतां येईल ही कल्पना सुमारें वीस वर्षांपूर्वींच अंधुक होत चालली; आणि खुद्द आज तर शास्त्रज्ञांना मूलतत्त्वाचें आकलन झालें आहे कीं नाहीं अथवा कधींकाळीं तरी होण्याची आशा आहे कीं नाहीं हा एक प्रश्नच होऊन बसला आहे !

२

विश्वाचे व्यवहार हे सुसूत्र यांत्रिक पद्धतीचे आहेत यावरच शास्त्रज्ञांचा विश्वास प्रथमतः उडाला तो ज्ञानाच्या आंतरिक आणि बाह्य अशा दोन्ही ज्ञानक्षेत्रांच्या क्षितिजावर—अणूच्या अदृश्य अंतरंगांत आणि आकाशगंगांच्या गहन गूढ अवकाशांत. या दोन्ही प्रकारांचा गणितानें ठाव घेण्याकरितां १९०० ते १९२७ या कालांत दोन पद्धतींची जोपासना करण्यांत आली. पहिली म्हणजे क्वांटम पद्धति अथवा कणवाद. या पद्धतीनें जड पदार्थ व शक्ति यांचें मूळ शोधण्याचा प्रयत्न झाला. दुसरी पद्धति रिलेटिव्हिटी--सापेक्षतावादाची. ही पद्धत देश, काल व विश्वाची ठेवण या सर्वांचाच सामुदायिक विचार करणारी.

ह्या दोन्ही पद्धती आजच्या शास्त्रीय विचाराच्या आधारस्तंभ मानल्या गेल्या आहेत. दोन्ही पद्धती आपआपल्या क्षेत्रांतील दृश्याचा उलगडा करतात तो सुसंबद्ध अशा गणिती पद्धतीनें. न्यूटन 'कसें' असा प्रश्न उपस्थित करी व ॲरिस्टॉटल 'कां' हा प्रश्न उभारी. आजचे शास्त्रज्ञ या प्रश्नांचें उत्तर देण्याच्या भानगडींत पडत नाहींत. ते समीकरणें मांडतात व त्यांच्यावरून प्रकाशासारख्याचे विकरण व प्रसरण यांचे काटेकोर नियम बसवितात. पण प्रकाशाचें विकरण अथवा प्रसरण नक्की कोणत्या यांत्रिक पद्धतीनें घडत असतें हें एक सृष्टीचें अंतिम गूढ म्हणूनच राहतें.

तसेंच स्वयंस्फूर्त किरणांच्या नियमांवरून अमूक वजनाच्या युरेनियममधून अमुक काळांत अमुक अणूंचें विघटन होऊन किरण बाहेर फेकले जातील याचें भविष्य शास्त्रज्ञ वर्तवूं शकतात. पण कोणत्या अणूंचें विघटन होईल व कोणत्या तत्त्वानुरूप विघटन होणें त्यांच्या नशिबीं येईल हें शास्त्रज्ञ अद्याप तरी सांगूं शकत नाहीं.

सृष्टीचें गणितीरूप मांडतांना इंद्रियद्वारा आपल्या अनुभवास येणारें विश्व

हें शास्त्रज्ञांना सोडूनच द्यावें लागलें आहे. या माघार घेण्याच्या वृत्तीपाठीमागील रहस्य समजून घ्यावयाचें तर अपराविद्या आणि पराविद्या यांतील सूक्ष्म रेषा ओलांडली पाहिजे. माणूस विचार करूं लागला तेव्हांपासून द्रष्टा आणि दृश्य, ज्ञाता आणि ज्ञेय यांमधील नात्याच्या प्रश्नानें तात्त्विक विचारवंतांना गुंगवून सोडलेलें आहे. तेवीस शतकांपूर्वी ग्रीक तत्त्ववेत्ता डेमोक्रिटस यानें लिहिलें आहे, 'गोड आणि कडु, थंड आणि गरम, तसेंच विविध रंग ह्या सर्व गोष्टी फक्त कल्पित असून त्यांना वास्तविक असें स्थान नाहीं.' मुळांत अस्तित्वांत असणारे म्हणजे फक्त अभेद्य कण. अणु आणि निर्वात आकाशांतील त्यांचें संचलन, रंग, चव, गंध, ध्वनि यांना स्वतंत्र अस्तित्व नसून त्या केवळ काल्पनिक होत याची कल्पना गॅलिलिओलाहि होती, व त्यानें दाखवून दिलें होतें कीं बाह्य वस्तूंना हात लावला असतां गुदगुल्या होणें अथवा चिमटा बसणें हें जसें बाह्य वस्तूंत नसतें तसेंच रंगरूपादिहि बाह्य वस्तूंत नसतात.

इंग्रज तत्त्ववेत्ता जॉन लॉक यानें वस्तूच्या मूळ गाभ्याला हात घालण्याचा जो प्रयत्न केला तो वस्तूंचे कांहीं गुण प्रमुख व कांहीं दुय्यम असें मानून. त्याच्या मतें आकार, गति, घनता आणि भूमितीनें दिसून येणारे गुण हे प्रमुख असून ते वस्तूचे मूलभूत गुण होत. उलट रंग, ध्वनि, चव हे दुय्यम असून ते ज्ञात्याच्या इंद्रियांवर अवलंबून असतात. हे भेद काल्पनिक आहेत हें उत्तरकालीनांना स्पष्ट दिसून आलें.

जर्मनींतील विख्यात गणितज्ज्ञ लायब्निज्झ यानें लिहिलें आहे, "मी हें सिद्ध करूं शकतों कीं प्रकाश, रंग, उष्णता व तशाच इतर गोष्टी एवढ्याच केवळ नव्हे तर गति, आकार, विस्तार ह्याहि सर्व वरवचा देखावा होय." उदाहरणार्थ, जसें नेत्रस्पर्शानें गोल्फ चेंडू हा पांढरा आहे असें कळतें तसेंच त्याच्या जोडीला हस्तस्पर्शानें तो वाटोळा, गुळगुळीत व छोटा आहे हेंहि कळून येतें. पांढरा रंग हा जसा सांकेतिक दृष्ट्या पांढरा म्हणून आपण उल्लेखितों तसेच इतर गुणांनाही आपल्या इंद्रियनिरपेक्ष असें स्वतंत्र स्थान नसतेंच.

या रीतीनें क्रमशः तत्त्वज्ञ आणि शास्त्रज्ञ अशा आश्चर्यकारक निष्कर्षावर येऊन पोहोंचले कीं ज्या अर्थी कोणताहि पदार्थ म्हणजे त्याच्या गुणांचा समुदाय आणि गुण हे केवळ मनःकल्पित; त्या अर्थी द्रव्य, शक्ति, अणू, तारका या सर्वांत दिसून येणारें बाह्य जग याला स्वतंत्र असें अस्तित्व नसून मानवानें आपल्या कल्पनेनें उभारलेला तो एक इमला होय. जडवादाचा कट्टर विरोधी बार्कले यानें त्याचें वर्णन केलें आहे तें असें: "पृथ्वीवरील सर्व जड पदार्थ अथवा स्वर्गातील सर्व

मधुर संगीत, किंबहुना विश्वाला व्यापून राहणाऱ्या सर्वच गोष्टी यांना मनाच्या बाहेर अस्तित्व नाहीं...जोंपर्यंत त्या माझ्या प्रत्यक्ष दृष्टिपथांत आलेल्या नाहींत, किंवा माझ्या अथवा इतरांच्या मनांत स्थित झालेल्या नाहींत तोंपर्यंत त्यांना अस्तित्वच नसावें; किंवा असलेंच तर तें अनंत ब्रह्मांत असावें." आइनस्टाइननें याच तर्कपरंपरेचें टोंक गांठून दाखवून दिलें कीं स्थल व काल हेहि असेंच मनःकल्पित असून रंग, आकार, घडण या कल्पना जशा आपल्या जाणिवेपासून अलग करतां येत नाहींत तशाच स्थलकालाच्या कल्पनाहि. स्थल म्हणजे त्यांत असलेल्या वस्तूंची विशिष्ट मांडणी या व्यतिरिक्त दुसरें कांहीं नाहीं; आणि काल म्हणजे त्या वस्तूंची एका मागून एक मोजण्याची पद्धति एवढेंच.

तत्त्वज्ञानांतील या बारकाव्यांचा आजच्या विज्ञानावर खोल असा ठसा उठलेला आहे. कारण तत्त्वज्ञानाच्या सिद्धांताप्रमाणें सर्व बाह्य विश्व हें खऱ्या विश्वाची फक्त सांवली असल्यानें मूळाला हात घालण्याची ताकदच मानवी इंद्रियांना नाहीं. या जाणिवेनें शास्त्रज्ञ गांगरून गेलेले आहेत. कांचेच्या लोलकांतून सूर्यकिरण सोडून समोरच्या पडद्यावर इंद्रधनुष्य उमटलेलें ज्यांनीं पाहिलें आहे त्यांना दृश्य प्रकाशाच्या अंतरंगांत किती छटा भरलेल्या असतात हें दिसून आलेलेंच असतें. कारण मानवी चक्षूला प्रकाशांतील तांबडा ते निळा एवढ्या रंगाचाच मर्यादित असा भाग दिसूं शकतो. प्रकाशाच्या लाटांच्या लांबींत सेंटिमीटरचा एक लक्षांश इतका फरक पडला तरी प्रकाश दृश्याचा अदृश्य होतो. तांबड्या प्रकाश लाटेची लांबी ·००००७ सेंटिमीटर एवढी असते तर जांभळ्याची तीच ·००००४ सेंटिमीटर इतकी असते.

पण सूर्य हा अन्य प्रकाराचा प्रकाशहि बाहेर फेकीत असतो. तांबड्याच्या पलीकडील जे अतिताम्र त्यांच्या लाटांची लांबी ·००००८ पासून ·०३२ सेंटिमीटर इतकी असते. डोळ्यांतील बुब्बुळाला जागृत करणाऱ्या लाटांपेक्षां ही थोडी मोठी असते. पण डोळा नाहीं तरी त्वचा मात्र तिला उष्णता म्हणून ओळखूं शकते. त्याचप्रमाणें आंतील प्रकाशाच्या लाटा, कीं ज्यांची लांबी ·००००३ ते ·०००००१ सेंटिमीटर इतकी असते, त्या डोळ्यांनीं न दिसण्याइतक्या लहान असतात. पण डोळ्यांना दिसल्या नाहींत तरी फोटोच्या तबकडीवर उमटल्या जातात. या अतिनील प्रकाशाच्या पेक्षांहि छोट्या लाटा असतात. त्या क्ष किरणांच्या लाटा होत. पण त्यांचाहि फोटो घेतां येतो. शिवाय विद्युच्चुंबकी लाटा आहेत त्या तर आकारानें छोट्या पण धावण्यांत अतिचपळ अशा आहेत. त्या

लाटा म्हणजे रेडियममधील गामा किरण, रेडियोचा लाटा व विश्वकिरण. या लाटांच्या लांबींतच तेवढा फरक असतो. त्या डोळ्यांनीं दिसत नसल्या तरी अन्य साधनांनीं ओळखतां येतात. यावरून हें उघड दिसून येतें कीं विश्वांतील पुष्कळ प्रकारच्या प्रकाशाचें मानवी नेत्र आकलन करूं शकत नाहीं; आणि माणूस जें आपल्या भोंवतीं पाहतो तेंहि त्याच्या मर्यादित अंधुक दृष्टीमुळें पुष्कळसें विकृत झालेलें असें असतें. 'क्ष' किरणासारखी सूक्ष्म वस्तूचें आकलन करण्याची शक्ति त्यांच्या नेत्रांत असती तर त्याला जग आज दिसतें त्यापेक्षां फार निराळें दिसलें असतें.

आपल्या इंद्रियाच्या मर्यादित शक्ती अंधुक व अपूर्ण असल्यानें विश्वाच्या अंतिम स्वरूपाचें आकलन होण्याची आशाच गारठून जाते. आपल्या इंद्रियांना जेवढें आकलन होतें त्या पलीकडे जगांत कांहीं नसेल तर जग हें व्यक्तींना आकलन होणाऱ्या पदार्थांची खिचडीच बनेल. पण आपण पाहतों त्या जगांत एक कौतुकास्पद सुसूत्रता दिसून येत असते. इतकी कीं आपल्या इंद्रियांना आकलन होणाऱ्यापेक्षां खालच्या थरांत वस्तुसत्य म्हणून कांहीं असावें, असें वाटूं लागतें. जरी कोणाहि माणसाला हें कधींच निश्चित कळून येणार नाहीं कीं त्याला जें तांबडें म्हणून दिसतें तसेंच तें दुसऱ्यालाहि दिसत असावें; तरी देखील आपणाला ऐकूं येतात तसे आवाज दुसऱ्याला ऐकूं येत असावेत व आपणाला रंग दिसतो तसा रंग दुसऱ्यालाहि दिसत असावा असें समजून वागणें शक्य होतें.

भिन्न भिन्न व्यक्तींच्या आकलनांतील हें सुसंवादित्व बर्क्ले, डेकार्टस, स्पिनोझा हे ईश्वराची करणी मानतात. आधुनिक शास्त्रज्ञांना ईश्वराला त्यांत गोवावयाचें नसल्यानें (मात्र त्यामुळें कोडें अधिकच कूट होतें) सृष्टि ही गणिती पद्धतीनें हें गूढ व्यापार चालू ठेवीत असावी यावर ते जोर देतात. विश्वाच्या मुळाशीं सनातनी गणिती गूढ असल्यानें आइनस्टाइनसारखे तत्त्ववेत्ते गणिती समीकरणें मांडून भविष्य वर्तवूं शकतात, व सृष्टीचे नियम शोधूं शकतात. पण आज पदार्थविज्ञानशास्त्रांत असा विरोधाभास निर्माण झाला आहे कीं गणिताची जसजशी काटेकोर वाढ होत चालली आहे तसतशी द्रष्टा आणि दृश्य जग यांमधील खिंडार वाढतच चाललें आहे.

आकाराच्या मानानें अतिसूक्ष्म आणि अतिभव्य यांच्या मध्यावर मानव कोठें तरी बसावा हें कदाचित् सार्थ असेल. गांवठी भाषेंत सांगावयाचें म्हणजे एक प्रचंड राक्षसी तारा (विश्वांतील मोठ्यांतलें मोठें धूड) हा माणसापेक्षां जेवढा मोठा असतो तेवढाच माणसापेक्षां इलेक्ट्रॉन (विश्वातील एक क्षुद्रतम कण) हा

छोटा असतो. मग विश्वाचें आयतम गूढ हें मानवी इंद्रियांच्या आकलनाच्या फार दूर असलें व वास्तवतेचीं अंतिम शिखरें हीं रूढ पदार्थविज्ञानशास्त्राच्या घरगुती भाषेंतील रूपकांनीं प्रगट होत नसतील तर गणिती भाषेंत जेवढें मांडतां येईल तेवढें मांडण्यांतच शास्त्रज्ञानें समाधान मानून घेतलें असलें तर नवल नाहीं.

विद्युच्चुंबकीय वर्णपटावरून मानवी नेत्रांना आकलन होणारा मर्यादित असा किरणोत्सर्गच दिसून येतो. पदार्थविज्ञानाच्या दृष्टीनें रेडियोलाटा, दृश्य प्रकाश, व अतिद्रुत गतीचे 'क्ष' किरण व 'गामा' किरण या सर्वांचें वैशिष्ट्य फक्त त्यांच्या लाटांच्या लांबींत असतें. पण या प्रकांड विद्युच्चुंबकीय किरणोत्सर्गांतूनच, कीं ज्यांतील विश्वकिरण हे सेंटीमीटरच्या एक लक्ष्यकोट्यांश इतके क्षुद्र लाटांचे असतात व रेडियोलाटा ह्या अपार दीर्घ असतात, अशा किरणांमधील वरील चित्रांत काळ्या भूमिकेवर पांढऱ्या रेषांनीं दाखविलेल्या लाटा एवढ्याच मानवाचा नेत्र निवडूं शकतो. ज्या विश्वांत मानव राहत असतो त्या विश्वाचें त्याला दिसणारें स्वरूप हें अशा रीतीनें त्याच्या दृष्टीच्या टप्प्यानें मर्यादित असतें. फलकावर लाटांची लांबी दर्शविली जाते ती पुढील प्रकारच्या दशमान पद्धतीनें. उदाहरणार्थ, १०^{3} सेंटी मीटर म्हणजे १० × १०×१० अथवा १०००, व १०^{-3} म्हणजे $\frac{१}{१०} \times \frac{१}{१०} \times \frac{१}{१०}$ अथवा $\frac{१}{१०००}$.

३

यांत्रिक पद्धतीनें विश्वाचें कोडें उलगडण्याच्या प्रक्रियेपासून माघार घेऊन गणिताच्या तात्त्विक पद्धतीनें तें सोडविण्याकडे शास्त्रज्ञ प्रथम वळला तो इ. स. १९०० मध्यें. या सालीं किरणप्रसारांतील कांहीं प्रश्नांचा उलगडा करण्यासाठीं क्वांटम थियरी–कणवाद–हा मॅक्स प्लँक यानें पुढें मांडला. एखादा पदार्थ अत्यंत तापवला म्हणजे प्रथम तांबूस प्रकाश बाहेर येतो, नंतर तो गुलाबी होतो, त्यानंतर पिवळा होतो, व तपमान वाढत गेलें म्हणजे शेवटीं पांढरा शुभ्र होतो. तसें होत असतां जी किरणशक्ति बाहेर फेकली जात असते ती उष्णतेच्या आणि लाटांच्या लांबीच्या कोणत्या प्रमाणांत बदलत जाते याचा नियम शोधून काढण्याकरितां गेल्या शतकांत मोठ्या कष्टाचे प्रयत्न करण्यांत आले. पण ते सर्व फसले. शेवटीं प्लँकनें एक गणिती समीकरण बसविलें. त्यानें मात्र ताळा बरोबर जमूं लागला.

या समीकरणांतील आश्चर्यकारक प्रकार तो हा कीं गणितज्ज्ञाला त्यांत असें गृहीत धरावें लागलें कीं विकरणशाली शक्ति ही संथ प्रवाहाप्रमाणें वाहत नसून अलग अलग अशा तुकड्यांनीं वाहत असते. यांना क्वांटा अथवा कण असें त्यानें नांव ठेवलें.

या कणवादाला पोषक असा दुसरा कोणताच पुरावा उपलब्ध नव्हता. कारण किरणोत्सर्गाची प्रक्रिया प्रत्यक्ष कशी चालते याचें ज्ञान कोणालाच नव्हतें; व आजहि नाहीं. पण निरीक्षणांत दिसून येणाऱ्या गोष्टींची जर संगती लावावयाची तर प्रत्येक कणांत कांहीं ठराविक प्रमाणांत शक्ति असते असा निष्कर्ष काढणें अवश्य होतें. ह्या शक्तीचें त्यानें कोष्टक दिलें आहे तें असें:[१] शक्ति = किरणोत्सर्ग वेग × प्लँक गृहीत कण. प्लँकनें मानलेला स्थिरकण अति सूक्ष्म असतो. किती?

१. Ehv

तर ·००००००००००००००००००००००००० ६६२४ इतका! आज आतां हा क्षुद्रतम कण विश्वांतील एक चिरंतन अभेद्य कण म्हणून सिद्धि पावला आहे. किरणोत्सर्गाच्या प्रत्येक प्रक्रियेंत जी शक्ति बाहेर फेकली जाते तिला चलनवेगानें भागलें असतां जो आंकडा येतो तो कायमचा एकच. त्याला 'एच्' ही संज्ञा देण्यांत आली आहे. प्लँकच्या या अचल आंकड्यानें अणुविज्ञानाच्या गणितावर अर्धशतक प्रभुत्व गाजविलेलें असलें तरी प्रकाशाच्या वेगाचा खुलासा जसा करतां येत नाहीं तसाच या प्लँकच्या स्थिर घटकाचा खुलासाहि अशक्य ठरला आहे. विश्वांतल्या इतर कांहीं चिरस्थिर घटकांप्रमाणें हा गणिती घटकहि अनाकलनीय ठरला आहे. सर आर्थर एडिंगटन यांनीं एकदां उद्गार काढले होते कीं बुद्धिवादीमाणसाला विश्वाचा कोणताहि नियम अटळ आहे हें विधान तर्कदुष्ट वाटेल. म्हणूनच प्लँकचा अटळ कणवाद हा त्याच्या मतें शास्त्रज्ञांनीं शोधलेल्या फार थोड्या सृष्टिनियमांपैकीं एक सत्य नियम असावा.

प्लँकच्या सिद्धांताचे दूरगामी परिणाम १९०५ पर्यंत स्पष्ट झाले नव्हते. पण त्या सालीं समकालीन शास्त्रज्ञांत आइनस्टाइन हा एकच असा होता कीं ज्यानें कणवादाचें मूल्य अचूक हेरलें व तें इतर क्षेत्रांत लागू केलें. प्लँकची कल्पना होती कीं आपण फक्त किरणोत्सर्गाच्या समीकरणांना एकत्र जोडीत आहोंत. पण आइनस्टाइन असें गृहीत धरून चालला कीं सर्वच उत्सर्जनशक्ति, मग ती प्रकाश, उष्णता, क्ष किरण, कांहीं असो ती शक्ति अवकाशांतून दौडत असतां स्वतंत्र कणाकणानें दौडत असते. उदाहरणार्थ, आपण चुलीशीं बसलों असतां जो उबदारपणा आपणास मिळतो तो आपल्या देहावर उष्णतेच्या असंख्य कणांचा मारा होत असतो म्हणून. त्याचप्रमाणें आपण एखादा रंग पाहतों तेव्हां आपल्या डोळ्याच्या पडद्यावर प्रकाशकणांचा मारा होत असतो. वर दिलेल्या शक्ति = कण × वेग या समीकरणाप्रमाणें या प्रकाशकणांची संख्या बदलत असते.

आइनस्टाइननें या मताला आधार दिला तो छायाचित्र विद्युतेची जी गोंधळून सोडणारी अशी क्रिया दिसून येते ती तशी नसून काटेकोर नियमबद्ध आहे असें दाखवून देऊन. शुद्ध जांभळ्या रंगाचा प्रकाश धातूच्या तबकडीवर सोडला तर त्यांतून इलेक्ट्रॉनचा वर्षाव बाहेर फेकला जातो. तो कां तें आजवर शास्त्रज्ञांना सांगतां येत नसे. कमी कंपनाचा म्हणजे पिवळ्या अथवा तांबड्या प्रकाशाचा झोत सोडला तर तबकडींतून पूर्वींप्रमाणेंच इलेक्ट्रॉन बाहेर फेकले जातील, पण त्यांची गति

कमी असेल. किती धडाडीनें इलेक्ट्रॉन्स तबकडींतून फोडले जातात हें प्रकाशाच्या वर्णावर अवलंबून असतें. प्रकाशाच्या मंदशीघ्रतेवर तें मुळींच अवलंबून राहत नाहीं. प्रकाशाचें उगमस्थान फार दूरवर नेलें व प्रकाश अगदीं अंधुक असा केला तरी इलेक्ट्रॉन्स उड्या मारतातच. ते संख्येनें कमी झाले तरी त्यांचा वेग मात्र पूर्वीसारखाच प्रखर राहतो. दिवा अगदीं दिसेनासा इतका मंद झाला तरी त्याच्या आघातानें इलेट्रॉन्स बाहेर पडतात मात्र ते तत्काल.

यावरून आइनस्टाइननें सिद्धांत मांडला कीं ही जी विलक्षण प्रक्रिया आढळून येते तिचा उलगडा व्हावयाचा असल्यास असें गृहीत धरलें पाहिजे कीं प्रकाश हा सर्वत्र कणांचा, शक्तिकणांचा बनलेला आहे. या कणांना त्यानें फोटॉन Photons हें नांव दिलें. हा फोटान जेव्हां इलेक्ट्रॉनवर आदळतो तेव्हां बिलियर्ड खेळत असतां दोन चेंडू एकमेकांवर आदळतात तसा प्रकार घडत असतो. याच पद्धतीनें त्यानें अनुमान बांधले कीं नील, अतिनील वगैरेतील शीघ्रगतीचें जे प्रोटान त्यामध्यें जी शक्ति असते ती ताम्र अतिताम्र यांतील शक्तीपेक्षां अधिक असते. तसेंच तबकडीवरून इलेट्रॉन ज्या वेगानें उडी मारीत असतो तो वेग त्याच्यावर आपटणाऱ्या फोटानच्या शक्तीवर अवलंबून असतो. हीं प्रमेयें त्यानें अशा समीकरणांनीं मांडून दाखविलीं कीं, त्या समीकरणांना ऐतिहासिक महत्त्व प्राप्त झालें, त्याला स्वतःला नोबल परितोषिक मिळालें, व त्या प्रमेयानें पुढील काळांतील कणवाद व वर्णपट यावर खोल परिणाम घडवून आणला.

अशा रीतीनें एक महत्त्वाचें असें नवें भौतिक तत्त्व पुढें मांडीत असता आइन्स्टीन यानें सृष्टींतील एक अतिगूढ व मनाला अस्वस्थ करणारें असें एक कूट उघड केलें आहे. सर्व जड वस्तू ह्या अणूच्या बनलेल्या असून ते अणूहि सूक्ष्मतर अशा इलेक्ट्रॉन, न्युट्रॉन, प्रोटान यांचे बनलेले आहेत या विषयीं आतां कोणाला संशय राहिलेला नाहीं. पण आइनस्टाइननें जेव्हां असा सिद्धांत मांडला कीं प्रकाश हा देखील सुटक अशा कणांचा बनलेला असावा तेव्हां तो सिद्धांत आजवर शिष्टमान्य समजलेल्या प्रकाशतरंग सिद्धातांच्या अगदीं उलट गेला.

प्रकाशाच्या प्रक्रियेंतील कांहीं भाग तरी असा आहे कीं त्याचा उलगडा प्रकाश हा तरंगमय आहे असें मानल्यानेंच होऊं शकतो. उदाहरणार्थ इमारती, वृक्ष, तारेचे खांब यांची जी सावली पडते ती अगदीं काटेकोर असते. पण पडद्यापुढें एक अगदीं बारीक अशी तार किंवा केस धरला तर शेजारच्या दिव्यामुळें त्या

पडद्यावर सांवली मुळींच पडलेली आढळून येत नाहीं. आणि त्यावरून सहजस कल्पना सुचते कीं प्रकाश हा तरंगमय असावा. छोटा धोंडा मध्यें असल्याच पाण्याचे तरंग जसे त्याला वेटोळे घालून जातात तसाच प्रकार प्रकाशाचा असावा. प्रकाश किरण एका छिद्रांतून सोडला तर पलीकडील पडद्यावर एक स्पष्ट असा ठिपका दिसून येईल; पण तें छिद्र टांचणीनें पाडलेल्या इतकें सूक्ष्म केलें तर पडद्यावर प्रकाश पडेल तो नेम घेऊन बाण मारण्याकरितां पडद्यावर जीं एका बाहेर एक वर्तुळें काढलेलीं असतात तशा वर्तुळांचा, पण एकामागून एक अशा पांढऱ्या आणि काळ्या वर्तुळाच्या आकाराचा दिसेल. या प्रकाराला वक्रीभवन[1] म्हणतात. आणि बंदराच्या मुखाशीं आपटतांना सागराच्या लाटा जशा वळसा घेतात तसेंच प्रकाशाच्या लाटाहि वळसे घेत असतात अशी कल्पना मांडण्यांत येते. टाचणीं छिद्र एक घेण्याऐवजीं शेजारीं शेजारीं व जवळच अशीं दोन छिद्रें घेतलीं तर वक्रीभूत झालेले पट्टे एकमेकांत मिसळून समांतर अशा पट्ट्यांची एक शृंखला तयार होते. पोहण्याच्या तलावांत लाटा एकमेकावर आदळत असतां दोन लाटांचीं शिखरें एकत्र आलीं असतां लाट वर उसळी मारते, एकीचें शिखर आणि दुसरीचा खोलगट भाग एकत्र आले तर त्या लाटा दुर्बळ होतात. तोच प्रकार निकट टोंचलेल्या टांचणी छिद्रांतून जाणाऱ्या प्रकाशाचा. जेथें त्या छिद्रांतून येणाऱ्या प्रकाशाच्या लाटा एकमेकाला उत्तेजक अशा असतात तेथें त्यांते शुभ्रपट्टे दिसतात; आणि जेथें लाटा एकमेकाला विरोधी असतात तेथें काळे पट्टे दिसूं लागतात. हे दोन्ही प्रकार म्हणजे वक्रीभवन आणि संघर्षीभवन हें लाटांनाच शक्य असून प्रकाश हा कणमय असता तर घडून आलें नसतें. दोन शतकांपेक्षां अधिक काल जे प्रयोग करण्यांत येत होते त्यावरून प्रकाश हा तरंगमयच असला पाहिजे हें सिद्ध झालेलें होतें. तरीदेखील आईनस्टाइनचा छायाप्रकाशमय विद्युत्चा सिद्धांत असा कीं प्रकाश हा फोटॉन कणांचाच असला पाहिजे.

हा जो अत्यंत मूलगामी असा प्रश्न कीं प्रकाश हा तरंगमय आहे कीं कणमय आहे तो सोडविण्यांत आला आहे तो प्रकाश हा दोन्ही प्रकारचा आहे आणि हें प्रकाशाचें द्वैत म्हणजे सर्व विश्वाला व्यापून राहणाऱ्या प्रभावी मूलभूत द्वैताचेंच एक स्वरूप होय हें मान्य करूनच.

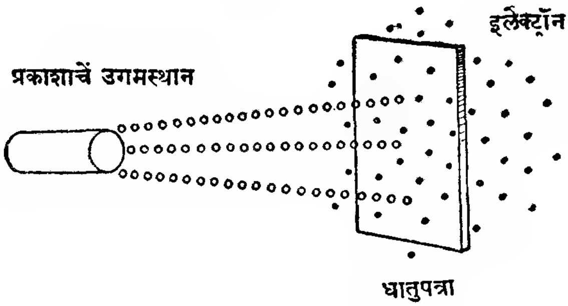
1. Diffraction.

हें अद्‌भुत द्वैत १९२५ मध्यें आणखी एका तऱ्हेनें सूचित केलें गेलें. त्यासालीं लुइ द ब्रॉगलाय या एका तरुण शास्त्रज्ञानें सुचविलें कीं द्रव्य आणि प्रकाश यांचें परस्पर नातें नीट उकललें जाण्यास इलेक्ट्रॉन हे स्वतंत्र कण मानण्याऐवजीं ते तरंगमय आहेत असें मानणें सार्थ होईल. या धाडशी कल्पनेनें दोन दशकें द्रव्याच्या मूळ स्वरूपाविषयीं ज्या कल्पना शास्त्रज्ञांनीं बसविलेल्या होत्या त्यांना पार उडवून लावलें. अणूचें असें चित्र रेखाटण्यांत आलें होतें कीं अणु हे सूर्यमालेचें एक छोटे प्रतीक असून त्यांत मूळ गाभ्याभोंवतीं अनेक इलेक्ट्रॉन्स गोल अथवा लंबवर्तुळांत फिरत असतात. हायड्रोजनच्या गाभ्या भोवतीं १ ते वाढत वाढत युरेनियमच्या गाभ्याभोवतीं ९२ इलेक्ट्रॉन्स फिरत असतात. हे इलेक्ट्रॉन्स नीट दिसत नाहींत. प्रयोगांनीं असें दाखवून दिलें होतें कीं ह्या सर्वच इलेक्ट्रॉन्सचें वजन सारखेंच आणि त्यांची विद्युत्‌शक्ति ही एकाच मापाची. यामुळें हे इलेक्ट्रॉन्स हेंच विश्वाचें अंतिम तत्त्व होय असें मानलें जाणें साहजिकच होतें. दुसरा तर्कहि स्वाभाविक होता कीं इलेक्ट्रॉन्स ह्या छोट्या लवचिक अशा गोळ्या असाव्यात; पण संशोधन जसजसें अधिक खोलांत शिरूं लागलें तसतसें ते इलेक्ट्रॉन्स मोठे लहरी असून पाहण्याला किंवा मोजण्याला दाद देत नाहींत असें दिसून आलें. अनेक बाबतींत तर कोणत्याहि जड कणाला न झेपेल इतकी त्यांची वागणूक तऱ्हेवाईक दिसून येऊं लागली. सर जेम्स जीन्स या इंग्रज शास्त्रज्ञानें स्पष्टपणें पुकारलें कीं "घन अशा कणाला अवकाशांत कोठेंतरी स्थिर निश्चित असें स्थान असतेंच. इलेक्ट्रॉनला तर तसें असल्याचें दिसत नाहीं. जड गोलाला राहण्याला निश्चित अशा आकाराचें स्थळ लागतें. पण इलेक्ट्रॉनला! त्याला केवढें स्थळ लागतें ह्याची चर्चा करणें म्हणजे भय, चिंता वगैरेंना राहण्याला केवढें स्थळ लागतें याची चर्चा करण्यासारखेंच होय."

द ब्रॉगलाय यानें जड पदार्थ हा मूलतः तरंगमय होय अशी कल्पना लढविल्यानंतर थोड्याच कालांत व्हिएन्ना येथील शास्त्रज्ञ श्रॉडिंजर यानें त्या कल्पनेला गणितानें सुसंघटित असें रूप दिलें. तें असें कीं प्रोटान आणि इलेक्ट्रॉन या दोन्हीनांही विशिष्ट प्रकारच्या तरंगांचेंच रूप असतें. या तरंगयंत्रणेला १९२७ मध्यें डेव्हिसन आणि जर्मर या दोन अमेरिकन शास्त्रज्ञांनीं इलेक्ट्रॉन्स हे तरंगमय आहेत तें प्रयोगद्वारां दाखवून पाठिंबा दिला. त्यांनीं धातूच्या स्फटिकावर इलेक्ट्रॉन्सचा झोत सोडला तेव्हां प्रकाश सूक्ष्म छिद्रांतून सोडला असतां जसें त्याचें वक्रीभवन होतें तसा प्रकार दिसून

आला.[1] मोजमाप घेतल्यावर तर असें आढळून आलें कीं इलेक्ट्रॉनच्या तरंगांची लांबी ही डी ब्रॉइलनें हेरल्याप्रमाणें $A = h/m\,u$ या समीकरणात बसणारी होती. त्यांत u म्हणजे इलेक्ट्रॉनचा वेग, m म्हणजे वजन आणि h म्हणजे प्लँकचा अचल स्थायी कान्स्टंट. पण कल्पनांना आणखीहि धक्के बसावयाचे होते. कारण नंतरच्या प्रयोगांनीं दाखवून दिलें कीं नुसते इलेक्ट्रॉन्सच तेवढे नव्हत तर संपूर्ण अणु, इतकेंच काय पण मूलाणु[2] हे स्फटिकावर सोडले असतां तरंगासारखे वागतात व त्यांच्या तरंगांची लांबी ही देखील

१. प्रकाशाचें उगमस्थान इलेक्ट्रॉन व धातुपत्रा



ह्या फोटोविद्युत् परिणामाचा खुलासा आइनस्टाइननें १९०५ मध्यें केला. जेव्हां किरण एखाद्या धातूच्या पत्र्यावर पडतो तेव्हां त्या पत्र्यांतून इलेक्ट्रॉन्सचा झोत बाहेर पडतो. ह्या देखाव्याचा अभिजात रूढ अशा किरण हे लाटा होत या मतानें उलगडा अशक्य ठरतो. आइनस्टाइननें तर्क लढविला तो असा कीं प्रकाश हा शक्तीचा संथ वाहणारा प्रवाह नसून कणांचा अथवा शक्तीच्या गुंडाळ्यांचा बनलेला असतो. त्या गुंडाळ्यांना त्यानें फोटान असें नांव दिलें. जेव्हां फोटॉन हा इलेक्ट्रॉनवर आदळतो तेव्हां घडून येणारा प्रकार हा बिलिवर्ड चेंडूच्या उड्डाणासारखा असतो. तोच प्रकार वरील चित्रांत स्थूल रूपांत दाखविला आहे.

२. molecules

ब्रॉगलाय व श्रॉडिंजर यांनीं वर्णिल्याप्रमाणेंच तंतोतंत दिसून येते. तात्पर्य, जे. क्लार्क मॅक्सवेल ज्यांना विश्वाचे पायाभूत कण म्हणे त्यांचा देखील इळू इळू पाया ढासळूं लागला. जुन्या पद्धतीचा गोलाकार इलेक्ट्रॉन हा विजेचा तरंगमय प्रवाह झाला व अणु हा एकमेकावर रचलेल्या तरंगाचा घटक बनला. यावरून निश्चित अनुमान एवढेंच कीं सर्वच जड हें तरंगमय असून आपण सर्व या तरंगमय जगांत राहात आहोंत.

वस्तूच्या मूळस्वरूपांत तरंग आणि कण यांचा जो विरोध उत्पन्न झाला होता त्याचा बराचसा खुलासा दुसऱ्या जागतिक युद्धापूर्वीच्या दशकांत करण्यांत आला होता. दोन विरोधी तत्त्वांमध्यें जी खिंड पडली होती ती जर्मन शास्त्रज्ञ हायझेनबर्ग आणि बॉर्न यांनीं सूक्ष्मतम कण हे इच्छेप्रमाणें कण वा तरंग असे दोन्ही तऱ्हेचे दाखवून देतां येतील असें एक नव्या पद्धतीचें गणित बसविलें. त्याच्या या पद्धतीचा विज्ञानाच्या रूढ तत्त्वज्ञानावर फार गंभीर परिणाम घडून आला. त्यांनीं असें प्रतिपादन केलें कीं प्रत्येक इलेक्ट्रॉन कसा वागतो हें उमगून घेण्याचा त्रास घेण्याची शास्त्रज्ञाला जरुरी नाहीं. प्रयोगशाळेंत जो वापरीत तो इलेक्ट्रॉनचा स्रोत असून त्यांत अब्जावधि कण अथवा लहरी असतात. अर्थात् त्याला पहावयाचें असतें तें हे इलेक्ट्रॉन सामुदायिक पद्धतीनें कसे वागतात हें. त्यांचें गणित संभाव्यता व दैवयोग हे होत. यामुळें व्यक्तिशः इलेक्ट्रॉन्स हे कण मानले काय किंवा तरंसमुदाय मानले काय, समुदायांत ते दोन्ही स्वरूपांत आढळून येतात. उदाहरणार्थ, समजा दोन शास्त्रज्ञ समुद्रकाठीं बसून समुद्राच्या लाटांचें स्वरूप वर्णन करीत आहेत. एक म्हणेल ‘ या समुद्राचे गुणविशेष आणि त्याची गहनता ही त्याच्या लाटांच्या उंचीवरून व खोलीवरून स्पष्ट दिसून येते.’ उलट दुसराहि तितक्याच काटेकोरपणें म्हणेल कीं “तुम्ही जी लाटांची उंची म्हणतां ती उंची दिसून येते याचें कारण उंचीच्या लाटांत खोलीच्या लाटांच्या पेक्षां ज्यास्त जलकण असतात हें होय.” याच्याच धर्तीवर बॉर्न यानें श्रॉडिंजरनें योजिलेलें गणिती समीकरण घेऊन त्याचा लाटांच्या पद्धतीनें अर्थ लावला. आणि त्याचबरोबर आंकडेशास्त्राच्या दृष्टीनें संभाव्यतेच्या तत्त्वाचा पुरस्कार केला. त्याचाच अर्थ लाटेची गहनता ही तिच्यांतील स्थानिक कणसंख्येवर आहे असें त्यानें मानलें. म्हणजे आजवर वक्रीभवनाची उपपत्ति जी लाटांच्या स्वरूपानें स्पष्ट केली जात असे ती आतां कणसंख्येच्या संभाव्यतेवर, म्हणजेच प्रकाशकिरणांतील इलेक्ट्रॉन्सच्या संख्येवर, गतीवर आणि मार्गावर आधारली गेली. त्यामुळें पूर्वींच्या ‘कणलाटांची’ जागा आतां ‘संभाव्यलाटांनीं’ घेतली. यामुळें

आपण पाहतों तो इलेक्ट्रॉन असतो कीं कण असतो कीं संभाव्य लाट असते याला अर्थ उरलेला नाहीं. हायझेनबर्ग आणि बॉर्न यांनीं जीं समीकरणें बसविलीं तीं सर्वच ठिकाणीं लागू पडूं लागलीं. आपण मनांत आणलें तर आपण ज्या जगांत राहतों तें जग हें लाटांचें विश्व आहे, अथवा कणसागर आहे, अथवा एखादा काटेकोर विनोदी भाषेंत बोलणारा म्हणेल त्याप्रमाणें 'कणलरी' आहे असें हवें तसें मानतां येईल.

४

कणशास्त्र हें या रीतीनें कण व लहरी ही मुळांत एक आहेत हें अगदीं काटेकोर गणिती पद्धतीनें दाखवून देत असलें तरी या दोन्हींचें मूळ स्वरूप काय आहे या विषयीं गोंधळूनच टाकतें. अर्वाचीन शास्त्रज्ञांपैकीं पुष्कळांचें असें मत आहे कीं वस्तूचें मूळ स्वरूप उलगडण्याच्या भानगडींत न पडलेलेंच बरें. ते वास्तववादी अथवा प्रयोगतर्कवादी असून त्यांचा दावा असतो तो असा कीं शास्त्रज्ञाला जें प्रयोगांत दिसून येतें त्या-पलीकडे तो जाऊं शकत नाहीं. यामुळें त्यानें भिन्न साधनांनीं दोन प्रयोग केले व एकांत प्रकाश हा कणांचा आहे व दुसऱ्यात तो लाटांचा आहे असें आढळून आलें तर ते दोन्ही प्रकार विरोधी न मानतां एकमेकांस पूरक असे मानले पाहिजेत. दोन्हींपैकीं कोणताहि एक प्रकार प्रकाशाचें स्वरूप पूर्णपणें उलगडूं शकत नाहीं. पण दोन्ही एकत्र केले असतां मात्र तें उलगडलें जातें. सत्यक-थनाच्या दृष्टीनें दोन्ही आवश्यक असल्यानें दोहोंपैकीं खरा कोणता याला अर्थच राहत नाहीं. कारण कणशास्त्राच्या तात्त्विक कोशांत अंतिम सत्य असा शब्दच नाहीं.

शिवाय अधिक काटेकोर अशीं साधनें उपलब्ध झालीं तर अधिक खोल जातां येईल यालाहि अर्थ उरलेला नाहीं. अणुविश्वांतील सर्वच घटनांत अशी एक अनिश्चितता भरलेली आहे कीं कितीही सूक्ष्म साधनांनीं अवलोकन अथवा मापन केलें तरी ती नाहींशी होणार नाहीं. माणूस वापरतो तीं साधनें ढोबळ असल्यानें कणच लहरीनें वागतात असा त्यांच्यावर आरोप करतां येणार नाहीं. तो त्यांचा स्वभावच आहे हें हायझेनबर्ग यानें १९२७ मध्यें 'अनिश्चिततेचें तत्त्व' हा सिद्धांत मांडून दाखवून दिलें आहे. ह्या सिद्धांताचें प्रात्यक्षिक म्हणून हायझेनबर्गनें एका काल्पनिक प्रयोगाचें चित्र काढून त्यांत एक शास्त्रज्ञ अतिसूक्ष्म मायक्रॉसस्कोपमधून इलेक्ट्रॉनचें स्थान आणि

गति[1] पाहण्याचा प्रयत्न करीत आहे असें दाखविलें आहे. पूर्वी सुचविल्या-प्रमाणें कोणत्याहि इलेक्ट्रानचें स्थान अथवा गति निश्चितपणें दर्शवावयाची तर ती मोठ्या संख्येच्या बाबत मात्र दर्शवितां येते. पण एखाद्या विशिष्ट इलेक्ट्रॉनचें स्थान निश्चित करावयाचें तर त्याला एवढेंच सांगतां येईल कीं तो खास इलेक्ट्रॉन हा इलेक्ट्रॉन संघाच्या गुंतागुंतीच्या जाळ्यांत कोठेंतरी बहुधा असावा. व्यक्तिगत इलेक्ट्रॉन हा रात्रीचा वारा किंवा ध्वनि यासारखा अस्पष्ट असतो. आणि शास्त्रज्ञ ज्या इलेक्ट्रॉन्सची पाहणी करीत असतो त्यांची संख्या जेवढी कमी तितकी अनिश्चितता ज्यास्त वाढतच जाते. ही अनिश्चितता विज्ञानाच्या अपुरेपणावर अवलंबून नसून निसर्गसिद्धच आहे हें सिद्ध करण्याकरितां हायझेनबर्गनें अशी कल्पना लढविली कीं एका कल्पनिक शास्त्रज्ञानें सूक्ष्मतम निरीक्षणाकरितां वस्तु अब्जावधि पटीनें मोठी दिसेल असा मायक्रॉस-कोप तयार करावा. पण तेथेंहि एक नवीनच अडचण उत्पन्न झाली. कारण इलेक्ट्रॉन हा प्रकाशाच्या सूक्ष्मतम लाटेपेक्षांहि क्षुद्र असल्यानें त्याहिपेक्षां क्षुद्रतर लाट त्यावर सोडणें जरूर झालें. 'क्ष' किरणांच्या लाटाहि तेथें निरुपयोगी ठरल्या. इलेक्ट्रॉनला दृश्य करावयाचें तर फक्त रेडियममधील गामा नांवाच्या अतिशीघ्र लाटांनींच करतां येईल. पण मागें सांगितलेलें आठवेलच असेल कीं विद्युत्प्रकाशानें फोटो काढीत असतां त्या प्रकाशाचा इलेक्ट्रॉनवर जोराचा आघात होत असतो. आणि 'क्ष' किरण तर त्याची अधिकच धांदल उडवून देतात. त्यामुळें याहिपेक्षां अधिक प्रभावी असा गामा किरण सोडला तर सर्व निष्फळच ठरेल.

यामुळें अनिश्चिततेचें तत्त्व स्पष्टपणें सांगत आहे कीं आज विज्ञानाला अवगत असलेल्या कोणत्याहि तत्त्वान्वयें इलेक्ट्रॉनचें स्थान व गति हीं एकाच वेळीं निश्चित करतां येणें शक्य नाहीं. इलेक्ट्रॉन हा आतां नक्की येथें आहे आणि तो अमुक इतक्या वेगानें फिरतो आहे हें ठासून सांगणें अशक्यच आहे. स्थान पाहत असतां पाहण्याच्या क्रियेनेंच त्याचा वेग बदलत असतो, उलट वेगाचें सूक्ष्मपणें निरीक्षण करूं जातां स्थान अनिश्चित होतें. आणि इलेक्ट्रॉनच्या स्थान आणि वेग यांच्या मापनातील गणिती अनिश्चिततेचें जेव्हां तो मोजमाप घेऊं लागतो तेव्हां ते प्लँक यांच्या गूढ h इतकेंच आढळून येतें.

१. पदार्थविज्ञानशास्त्रांत 'गति' ही संज्ञा वेग आणि दिशा ही दोन्हींची दर्शक अशी वापरण्यांत येते.

कणवादानें या स्थितींत रूढ विधानाचे दोन खांब हादरलेले दिसतात. ते म्हणजे कार्यकारणभाव, व निश्चितताभाव हे होत. कारण आपण आंकडेवारी व संभवनीयता यांच्या मागून जाऊं लागलों म्हणजे कार्यकारणांतील अनिवार्य नियमबद्धता प्रत्येक ठिकाणीं ढांसळून पडतें. आणि अनिश्चिततेला कांहीं सूट देणें मान्य केलें म्हणजे स्थल आणि गति ज्ञात झाली असतां सर्व विश्वाचें भविष्य वर्तवितां येईल ही रूढ आशा सोडून द्यावी लागते. या शरणागतींतून एक अवांतर गोष्ट मान्य केली जाते ती म्हणजे वस्तुमानाचें इच्छास्वातंत्र्य. कारण जड वस्तूंचा जर कार्यक्रम निश्चित करतां येत नसेल व भविष्य वर्तवितां येत नसेल तर अज्ञात असे जें 'मन' तेंच या अनिश्चित विश्वांत व्यक्तीच्या भवितव्याला मार्गदर्शक करूं शकेल. शास्त्रीय दृष्ट्या अधिक महत्त्वाचा सिद्धांत त्यांतून निघेल तो हा कीं इंद्रियांच्या अभ्राच्छादित गवाक्षांतून पाहत असतां बाहेरील वस्तु व इंद्रियें यांमधील भिंत ही कणवादाच्या विकासांत अभेद्य अशी ठरेल. कारण बाह्यजगाचें वस्तुनिष्ठ निरीक्षण तो करूं लागला कीं त्या निरीक्षणाच्या प्रक्रियेनेंच तो त्याचें स्वरूप व क्रिया बदलून टाकीत असतो. आणि इंद्रियाच्या सहाय्यानें जेव्हां तो बाह्य जगाचें सत्य स्वरूप उलगडण्याचा प्रयत्न करूं लागतो तेव्हां त्याला शेवटीं गणिताचा आश्रय घेण्याशिवाय गत्यंतर उरत नाहीं. त्याची स्थिति मग बर्फाच्या तुकड्याची रचना ठरविणाऱ्या एखाद्या आंधळ्यासारखी होते. कारण त्यानें आपली जीभ वा आपला हात त्या तुकड्याला लावला रे लावला कीं तो तुकडा लगेच वितळूं लागतो. इलेक्ट्रॉनचा तरंग, फोटान, संभवनीयतेची लाट, यांना साकार करतां येत नाहीं. हीं सर्व सूक्ष्मांतील परस्परांचे गणिती संबंध दर्शविणारीं फक्त प्रतीकें होत.

. अर्वाचीन पदार्थविज्ञान असली गूढ परिभाषा वापरतेच कशाला असें कोणी विचारल्यास शास्त्रज्ञ खुलासा करील कीं दृश्याच्या पलीकडील घटनाची काटेकोर परीक्षा कोणत्याहि यांत्रिक साधनापेक्षां कणवादी समीकरणानेंच होऊं शकते. थोडक्यांत म्हणजे हीं समीकरणें व्यवहार्य ठरतात हें अणुबॉंबनें आंधळ्यालाहि दिसेल अशा रीतीनें दाखवून दिलें आहे. यामुळें व्यावहारिक शास्त्रज्ञानाचें ध्येय सृष्टीचे नियम हे अधिकाधिक काटेकोर गणिती पद्धतीनें मांडण्याचें ठरतें. एकोणीसाव्या शतकांतल्या शास्त्रज्ञानें विद्युत् ही प्रवाही आहे असें चित्र मांडलें व त्या रूपकाच्या अनुरोधानें आजच्या जगांतील विजेच्या नियमांचे नियम बसविले, तर आजचा शास्त्रज्ञ तीं रूपकें टाळूं पाहत आहे. त्याला कळलें आहे कीं वीज हा कशाचाहि प्रवाह नाहीं, आणि 'लाटा' 'कण' वगैरे आकृति

कल्पना या नवसंशोधनाला वाट दाखवीत असल्या तरी त्या काटेकोर प्रतिमा मानतां येणार नाहींत. गणिताच्या तात्त्विक भाषेंत वस्तू कशा वागतात हें तो सांगेल, पण त्या वस्तुतः कशा आहेत हें त्याला कळलेलें नसतें व कळण्याची गरजहि नसते.

तरीपण आजच्या कांहीं शास्त्रज्ञांना शास्त्र आणि अंतिम सत्य यांच्या मधील हें खिंडार हें एक आवाहनच वाटतें. आईनस्टाईननें अनेक वेळां अशी आशा प्रगट केली आहे की कणवादी पदार्थविज्ञानशास्त्रांतील ही आंकडेवारी पद्धति ही तात्पुरती म्हणूनच उपयुक्त ठरेल. त्यानें लिहिलें आहे कीं 'ईश्वर हा जुगार खेळत असतो यावर माझा विश्वास बसणें अशक्य आहे.' शास्त्र हें फक्त निरीक्षण करतें व त्यांतून संबंध जोडूं शकतें हे बाह्यसत्याचें तत्त्व त्यानें खोडून काढलें. विश्वांत सुबद्धता व सुसूत्रता आहे यावर त्याचा विश्वास होता. आणि मानव हा अद्यापदेखील विश्वाचें सूत्र उलगडूं शकेल अशी त्याची खात्री होती. हें ध्येय गाठण्याकरितां अणूंच्या अंतरंगांत डोकावण्यावरच न थांबता तो आकाशांतील ताऱ्याकडे व त्या ताऱ्यांचाहि पलीकडील गहन गूढ अशा स्थल-कालांकडे पाहूं लागला.

५

तीनशें वर्षांपूर्वी तत्त्वज्ञ जॉन लॉक यानें आपल्या ‘मानवाचें ज्ञान’[१] या प्रबंधांत लिहिलें आहे “बुद्धिबळाचा पट एका खोलींतून दुसरीकडे नेला तरी त्या पटावरील प्यादीं हीं त्या त्या स्थानींच राहतील. तसेंच गलबतावरील खोलींत पट हालविला तरी तो तेथेंच आहे असें आपण म्हणतों. मग गलबत वाहत असेना कां. आणि किनाऱ्यापासून गलबत हाललें नसेल तर तें आहे त्या ठिकाणींच आहे असें मानतो, मग पृथ्वीनें वळसा घेतला असेना कां. खरें म्हणजे पट, पटावरील प्यादीं व जहाज हीं सर्वत्र, अति दूरच्या पदार्थांकडे दृष्टि टाकली असतां हललेलीं आढळून येतील.”

चलित पण स्थिर अशा या प्याद्यांच्या चित्रांत सापेक्षता तत्त्वाचें एक स्वरूप स्पष्ट उमटलेलें आहे. पण तें गतीचें सापेक्षत्वहि सूचित करीत आहे. आगगाडींतून प्रवास करणाऱ्याला समोरून आपणाकडे येणारी गाडी तुफान वेगानें धांवत आहे व आपल्या शेजारची आपल्याच दिशेनें जाणारी गाडी संथ चालली असें भासतें हें माहीत असतेंच. हा फरक न्यूयॉर्कमधील आगगाड्यांच्या बंदिस्त अशा स्टेशनांत मोठा फसव्या ठरेल. मधून केव्हांतरी गाडी इतकी संथपणें सुरू होते कीं प्रवाशांना ती सुटल्याची जाणीवच होत नाहीं. अशा वेळीं खिडकींतून त्यानीं शेजारच्या गाडीकडे पाहिलें तर ती सुटली कीं आपली सुटली हें लक्षांत येत नाहीं व किती वेगानें व कोणत्या दिशेनें धांवत आहे हेंहि उमगत नाहीं. नक्की लक्षांत यावयाचें तें स्टेशनच्या फलाटाकडे वा निशाणाच्या खांबाकडे पहावें तेव्हां. सर ऐझाक न्यूटन याला या गतीच्या तऱ्हा माहीत होत्या. मात्र तो जहाजापुरतेंच पाहत होता. वातावरण शांत असतां खलाशी नावेंत बसून शांतपणें दाढी करील वा सागुतीचा घोट घेईल; इतका शांतपणें

१. On Human Understanding

कीं नाव जणों बंदरांत नांगरलेली आहे. त्याचें जहाज तासीं १५ वा २५ मैल जात असो, त्याच्या पुढच्या पातेल्यांतलें पाणी व पेल्यांतील सागुतीचा रस मुळीं देखील हलणार नाहीं. म्हणून त्यानें खिडकींतून बाहेर डोकावून समुद्राकडे पाहिलें नाहीं तर जहाज किती वेगानें जात आहे इतकेंच नव्हे तर जहाज हलत आहे कीं नाहीं हेंहि त्याला कळणार नाहीं. समुद्रांत खळबळ झाल्यास अथवा नावेनें आपली दिशा अचानक बदलल्यास मात्र गतीची जाणीव होईल. पण आदर्श अशी स्थिति जर गृहीत धरली व समुद्र आरशासारखा शांत निथळ आहे व जहाज स्थिर आहे असें जर मानलें तर जहाजाच्या छपराखालीं बसलेल्याला आजूबाजूला पाहून किंवा एखादा प्रयोग करूनहि जहाजाच्या वेगाचा पत्ता लागणार नाहीं. या घटनावरून सूचित होणारें तत्त्व न्यूटननें मांडलें तें १६८७ सालीं. त्यानें लिहिलें आहे "ठराविक जागेंत मांडलेल्या पदार्थांची गति आपआपसांत एकत्र असते, मग ते पदार्थ स्थिर असोत वा सरळ रेषेंत समान गतीनें हलत असोत." यालाच न्यूटनचें किंवा गॅलिलिओचें सापेक्षवादी प्रमेय म्हणतात. तेंच अधिक व्यापक स्वरूपांत मांडावयाचें तर, यांत्रिक नियम हे दोन स्थानें सारख्यान गतीनें फिरत असतील तर दोन्हींकडे सारखेच लागू पडतील असें मांडतां येईल.

या प्रमेयाचें तत्त्वज्ञानांतील महत्त्व तें विश्वाविषयीं काय कल्पना लढवितें याच्यांत आहे. ज्या जगांत आपण राहतो तें जग समष्टिरूपानें व व्यष्टिरूपानें कसें आहे याचें विवरण करणें हें विज्ञानाचें ध्येय असल्यानें विश्वांत सुसूत्रता आहे यावर त्याचा विश्वास असणें आवश्यक आहे. पृथ्वीवर जे सृष्टीचे नियम दिसून येतात ते सर्व विश्वाला लागू असावेत यांवर त्याचा विश्वास असला पाहिजे. न्यूटननें फळ खालीं पडतें यावरून सुचणारा नियम सूर्याभोंवतीं फिरणाऱ्या ग्रहांना लागू केला. आणि समुद्रावरील नावेच्या रूपकानें जरी त्यानें सापेक्ष गतीचा दाखला दिला तरी त्याच्या मनीं असलेली नाव म्हणजे पृथ्वीच होती. विज्ञानाच्या हरघडीच्या उपयोगाकरितां पृथ्वी ही स्थिर आहे असें धरून चालण्यास हरकत नाहीं. आपणांस वाटलें तर असें म्हणतां येईल कीं घरें व झाडें हीं स्थिर आहेत तर प्राणी, मोटारी, विमानें ही फिरती आहेत. पण खगोलशास्त्रज्ञांच्या दृष्टीनें मूळ पृथ्वी हीच स्थिर नसून आवकाशांत गरगरल्यासारखी भ्रमण करीत आहे. स्वतःच्या कण्याभोंवतीं अहोरात्र तासाला एक हजार मैल तर सूर्याभोंवतीं वर्षभर मिनिटाला १२०० मैल अशी ती फिरत असून शिवाय तिच्या इतरहि बारिक सारिक

गिरक्या चालू असतात. चंद्र पृथ्वीभोवतीं फिरतो हें आपलें रूढ मत. पण ते दोघे एकमेकांभोंवतीं फिरत असतात किंवा अधिक कोटेकोर शब्दांत सांगावयाचें तर ते दोघेहि एकाच गुरुत्वाकर्षणाच्या मध्यबिंदूभोंवतीं फिरत असतात. शिवाय सूर्यमाला ही स्थानिक तारामंडळांत सेकंदाला १३ मैल, हें स्थानिक मंडळ आकाशगंगेंत सेकंदाला २०० मैल, व ही आकाशगंगा दुसऱ्या आकाशगंगा समूहाकडे सेकंदाला १०० मैल या गतीनें फिरतात—आणि हीं सर्व भिन्न दिशेनें.

पृथ्वीच्या गतीच्या गुंतागुंतीची न्यूटनच्या काळीं जरी स्पष्ट कल्पना नव्हती तरी विश्वाच्या गूढ व्यवहारांत सापेक्ष गति आणि अंतिम गति यांच्यांतील फरक कसा उलगडावयाचा ही न्यूटनपुढें एक समस्याच होती. त्यानें कल्पना लढविली कीं स्थिर दिसणाऱ्या ताऱ्यांच्या विश्वांत अथवा त्याच्याहि पलीकडे कोठेंतरी शाश्वत स्थिर असें कांहीं तरी असावें. पण मानवाला दिसून येणारा असा कोणताहि दैवी पदार्थ शाश्वत स्थिर आहे हें सिद्ध करणें मात्र अशक्य आहे. उलट न्यूटनला वाटलें कीं तारे आणि आकाशगंगा या चल असल्या तरी आकाश हें स्थिर असावें. आकाश ही तरी एक स्थिरअचल अशी एक वस्तु असावी असें तो मानी. आणि ही कल्पना शास्त्रीय दृष्ट्या सिद्ध करतां आली नाहीं तरी धार्मिक कल्पनांच्या बळावर तो तिला चिकटून राही. कारण न्यूटनच्या मतें आकाश हें ईश्वराच्या सर्वव्यापी स्वरूपाचें प्रतीक होय.

पुढील दोन शतकांत न्यूटनचें हें मत खरें ठरण्याचा संभव आहे असें दिसत होतें. कारण प्रकाशाचें स्पंदनरूप जसें विकसित होत गेलें तसें पोकळ अशा आकाशालाहि कांहीं जड असें रूप असावें असें मानणें शास्त्रज्ञांना अवश्य वाटूं लागलें. न्यूटनच्या पूर्वींही फ्रेंच तत्त्वज्ञ डेकार्ट यानें असा पक्ष मांडला होता कीं ज्या अर्थी पदार्थ विलग राहतात त्या अर्थी त्यांच्यामध्यें कांहीं तरी माध्यम असलें पाहिजे. आणि अठराव्या व एकोणीसाव्या शतकांतील शास्त्रज्ञांना साहजिकच वाटलें कीं प्रकाश हा स्पंदनरूप आहे तर सागरांतल्या लाटांना जसें जल, अथवा आवाजाच्या लाटांना जशी हवा ही माध्यम आहे तसेंच प्रकाशाच्या स्पंदनालाहि कांहीं माध्यम असलें पाहिजे. म्हणून निर्वात अशा जागेंतूनहि प्रकाश जाऊं शकतो हें पाहिल्यावर सर्व जड वस्तूंना व आकाशाला व्यापून राहणारें 'ईथर' असें कांहीं द्रव्य असावें अशी कल्पना लढविण्यांत आली. पुढील काळांत फॅरडे यानें वीज आणि लोहचुंबक यांच्या वापराकरितां एक निराळ्या प्रकारच्या ईथरची कल्पना मांडली आणि मॅक्सवेलनें जेव्हां प्रकाश हा

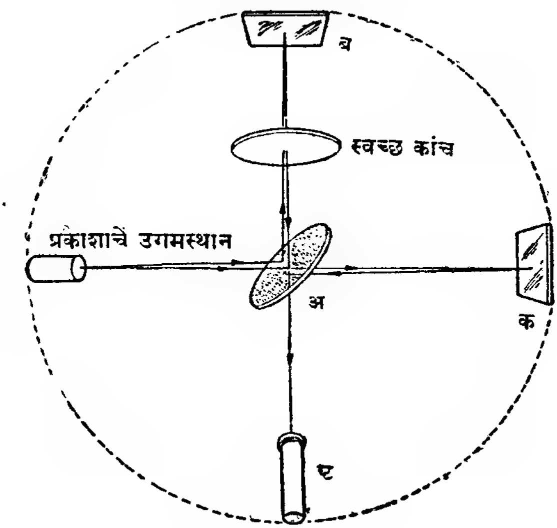
विद्युत्-चुंबकानें निर्मित अशी अस्थिरता आहे असें समीकरण मांडलें तेव्हां तर 'इथर'चें स्थान निश्चित झालें असें वाटलें.

न्यूटनच्या सिद्धांताला जें अंतिम स्वरूप आलें त्याप्रमाणें सर्व विश्व एका माध्यमानें भरलेलें असून त्यांतच तारा तरंगत असतात व प्रकाश हा बरणींतल्या मुरंब्यासारखा हालत असतो. सृष्टीच्या सर्व ज्ञात व्यवहाराचा एक यांत्रिक नमूना दिसूं लागला व ज्याला उद्देशून विश्वांतील सर्व व्यवहाराचा उलगडा करतां येईल असा न्यूटन कालीन विश्वाला चिरंतन अचल असा स्थलाधार मिळवून दिला गेला. पण या 'ईथर'नेंहि नवीन प्रश्न उपस्थित केले. आणि त्यांतील अगदीं प्राथमिक म्हणजे या 'ईथर' चें अस्तित्व सिद्ध असें झालेंच नव्हतें. 'ईथर' असें वस्तुतः कांहीं आहे कीं नाहीं याचा सोक्षमोक्ष लावण्याकरितां ए. ए. मायकेलसन व इ. डब्लू. मोर्ले या दोन अमेरिकन शास्त्रज्ञांनीं क्लीव्हलँड येथें १८८१ मध्यें एक प्रत्यक्ष प्रयोग केला व तो अभिजात प्रमाणभूत असा ठरला.

या प्रयोगाच्या मुळाशीं असलेलें तत्त्व अगदीं साधें होतें. युक्तिवाद असा कीं सर्व अवकाश हा जर स्थिर अशा ईथरचा सागर असेल तर सागरांतून जाणाऱ्या नावेची जशी गति मोजतां येते तशी ईथरमधून जात असलेल्या पृथ्वीची गतीहि मोजतां आली पाहिजे. न्यूटननें दाखवून दिल्याप्रमाणें समुद्र स्थिर असेल तर नावेच्या आंतील कोणत्याहि यांत्रिक साधनानें नावेची गति लक्षांत येणार नाहीं. नाविक हे नावेची गति काढतात ती दोरी बांधलेला ओंडका लांब फेकला असतां दोरीला दिलेल्या गाठींच्या हालचालीवरून. म्हणून पृथ्वीची इथर सागरांतील गति पाहण्याकरितां मायकेलसन व मोरले यांनीं एक जो 'ओंडका' दूर फेकला तो म्हणजे प्रकाशाचा किरण. कारण प्रकाश जर ईथरमधून येत असेल तर पृथ्वीच्या गतीमुळें ईथरलहरीवर जे परिणाम होत असतील त्यांनीं प्रकाशाच्या गतीवर ही परिणाम होत असला पाहिजे. विशेषतः पृथ्वी ज्या दिशेनें फिरत असते त्या दिशेकडे टाकलेला प्रकाश ईथरच्या हलण्यानें थोडा तरी मागें हटला पाहिजे. कारण पोहणारा प्रवाहाच्या उलट बाजूनें जात असतां त्याच्या गतीला मागें खेंचलें जात असतें. प्रकाशाच्या बाबतींत ही खेंच अत्यल्प असेल. कारण १८४९ मध्यें काटेकोर पद्धतीनें परीक्षण केल्याप्रमाणें प्रकाशाचा वेग हा सेकंदाला १८६२८४ मैल असा असतो तर पृथ्वीचा सूर्याभोंवतींच्या प्रदक्षिणेचा वेग सेकंदाला अवघा २० मैल असतो. यामुळें ईथर प्रवाहाच्या विरुद्ध दिशेनें जाणारा प्रकाशकिरण हा सेकंदाला १८६२६४ मैल जात असला तर

प्रवाहाच्या दिशेनें जाणारा किरण हा सेकंदाला १८६३०४ मैल या वेगानें जावा. या कल्पनांना धरून मायकेलसन—मोरले यांनीं प्रकाशाच्या प्रकांड वेगानें सेकंदाच्या प्रवासांत मैलाचा अपूर्णांकहि नोंद केला जाईल असें एक यंत्र तयार केलें. ह्या यंत्राला 'इंटर फेरोमीटर' म्हणजे प्रकाशाच्या लाटेला धक्का देऊन त्या लाटेची लांबी मोजणारें यंत्र असें नांव देण्यांत आलें. हें यंत्र म्हणजे अनेक आरशाचा जमाव असून ते अशा रीतीनें लावलेले असत कीं प्रकाशाचा किरण दुभंगून एकाच क्षणीं भिन्न दिशेनें फेकला जावा. या प्रयोगाची योजना व प्रत्यक्ष प्रयोग तर इतक्या काटेकोरपणें करण्यांत आली कीं त्यांतून निघणाऱ्या निष्कर्षा-विषयीं काडीमात्र संशय राहूं नये. पण निष्कर्ष निघाला तो असा कीं प्रकाश कोणत्याहि बाजूनें गेला तरी त्याच्या वेगांत निमिषमात्र फरक पडत नाहीं.[1]

१. हें मायकेल-मोरलेचें प्रकाशतरंगमापक यंत्र. त्यांत आरसे असें बसविलेले आहेत कीं त्यावर प्रकाशकिरण पडला असतां त्याचे दोन भाग होऊन एकाच वेळीं दोन दिशांकडे परावर्तित होतात. 'अ' ह्या आरशाच्या लेप अगदीं पातळ असून त्यांतून जाणारा किरण अर्धा पलीकडील 'क' आरशावर व अर्धा काटकोनातील 'ब' आरशावर जातो. 'ब' व 'क' आरसे किरण परत



या मायेकेलसन—मोर्ले यांच्या प्रयोगानें शास्त्रज्ञांच्या पुढें एक मोठी गोंधळून टाकणारी समस्या निर्माण केली. एका दृष्टीनें तिनें वीज, लोहचुंबक व प्रकाश यांचा बराचसा उलगडा ज्या ईथरतत्त्वामुळें होत असे तें तत्त्वच झुगारून दिलें. आणि ईथरतत्त्वाचा हट्ट कायम ठेवावा तर अधिक महत्त्वाचें तत्त्व म्हणजे कोपर्निकसनें मांडलेलें पृथ्वीच्या गतीचें तत्त्व सोडावें लागण्याचा धोका उत्पन्न केला. पुष्कळशा शास्त्रज्ञांना प्रकाशलाटा व विद्युत्-लोहचुंबकीय लाटा या माध्यमाशिवाय तरंगूं शकतात हें मानण्यापेक्षां पृथ्वी स्थिर आहे यावर विश्वास ठेवणें अधिक सुलभ वाटलें. एकंदरींत समस्या मोठी गंभीर होती व तिनें पाव शतक शास्त्रज्ञांच्या मध्यें मोठीच फूट घडवून आणली होती. अनेक नवीन कल्पना सुचविल्या गेल्या.व फेटाळल्या गेल्या. मोर्ले व इतरांनीं प्रयोग पुन्हा पुन्हा करून पाहिला पण निकाल तोच. वरवर दिसणारी पृथ्वीची ईथरमधील गति ही शेवटीं शून्यच ठरली.

पाठवितात ते ‘अ’मध्यें एकत्र होऊन ‘ट’ या दुर्बिणीकडे जातात. किरण ‘अकट’ याला ‘अ’ आरशाच्या जाड थरांतून तीनदां जावें लागत असल्यानें ‘अबट’ यांच्या मध्यें एक स्वच्छ कांच ठेवलेली असल्यानें ती परत येण्याचा वेग भरून काढीत आह. सबंध यंत्र निरनिराळ्या दिशेनें फिरविलें जाई व त्यामुळें ‘अबट’ व ‘अकट’ हीं किरणें एकमेकासांगातीं, विरुद्ध वा काटकोनी दिशेनें संकल्पित ईथरप्रवाहांत सोडलीं जात. प्रथमतः असें वाटेल कीं ‘ब’ वरून ‘अ’ कडे येणारा किरण हा अ ते ब कडे जाणाऱ्याचा वेळ भरून काढील. पण तसें झालें नाहीं. नाव प्रवाहाच्या सुलट व उलट बाजूनें मैलभर वल्हवण्यास जो काळ लागतो तो संथ प्रवाहांतल्यापेक्षां जास्त असतो. ईथरच्या प्रवाहानें कोणत्याहि किरणाची गति मंद किंवा द्रुत झाली असती तर ‘ट’ येथील दुर्बिणीनें तें ओळखलें असतें.

६

मायकेसल—मोर्लेच्या प्रयोगांचें ज्यानीं गंभीरपणें चिंतन चालविलें त्यांत बर्न येथील सनदतपासणीच्या खात्यांतील एक तरुण होता. त्याचें नांव अलबर्ट आइनस्टाइन. तो अवघा सव्वीस वर्षांचा असतानांच १९०५ मध्यें त्यानें या कोड्याचें उत्तर म्हणून एक छोटा लेख प्रसिद्ध केला. त्या लेखानें पदार्थविज्ञानशास्त्रांत नव विचारसरणीचें एक अभिनव दालन उघडून दिलें. त्यानें ईथरची कल्पना सोडून दिली आणि त्याचबरोबर स्थिर व चल अशा गतींना आधारभूत असलेल्या स्थिर आकाशाची कल्पनाहि त्याज्य ठरविली. मायकेल—मोर्लेच्या प्रयोगानें एक गोष्ट वादातीत केली होती कीं धरित्रीच्या चलनाचा प्रकाशाच्या गतीवर कोणताहि परिणाम होत नाहीं. आइनस्टाइननें याचीच एक विश्वव्यापी सिद्धांत म्हणून पकड घेतली. त्याची विचारसरणी अशी कीं पृथ्वी फिरत असली तरी प्रकाशाची गति जर शाश्वत राहते तर ती सूर्य-चंद्र-तारे-उल्का इत्यादि इतर सर्व फिरत असले तरी शाश्वत, स्थिर अशीच असली पाहिजे. आणि याच्यावरून एक अधिक व्यापक असें तत्त्व मांडलें तें असें कीं समान गति असणाऱ्या सर्व स्थलीं सृष्टीचे नियम सारखे लागूं असावेत. आइनस्टाइनच्या विशिष्ट सापेक्षतावादाच्या सिद्धातांचें रहस्य असें साध्या शद्बांत मांडतां येईल. समान गति असणाऱ्या सर्व ठिकाणचे यांत्रिक नियम एकसंध असतात या गॅलिलिओच्या सापेक्षवादी सिद्धांतहि यांत अंतर्भूत झालेला होता. पण आइन्स्टाइनची परिभाषा अधिक व्यापक होती. कारण तो जड पदार्थाच्या नियमाचाच तेवढा विचार करून न थांबता प्रकाश व विद्युत्‌चुंबकत्व यांचीहि व्यवस्था लावीत होता. म्हणून त्यानें सर्वांनाच एका प्रमेयांत कोंबून टाकलें. तें असें कीं सृष्टीचे सर्व दृश्य व्यवहार व तिचे नियम हे ठराविक निश्चित गतीनें जाणाऱ्या सर्व ठिकाणीं सारखे असतात.

या विधानांत वरवर पाहतां धक्का देणारें असें कांहींच नाहीं. सृष्टीचे

नियम हे सर्वत्र समान असतात अशी जी शास्त्रज्ञांची श्रद्धा असते तीच यांत व्यक्त झाली आहे. शिवाय त्यांतून शास्त्रज्ञांना असाहि सल्ला देण्यांत येत आहे कीं विश्वांत ज्याचा शाश्वत स्थिर असा उल्लेख करतां येईल असें कांहींच नाहीं. विश्व हें चंचल आहे. तारे, तेजोमेघ, आकाशगंगा आणि बाह्य विश्वांतील गुरूत्वाकर्षित घटना या अविरित चंचल अशा आहेत. पण त्यांच्या गति परस्पर सापेक्षतेनें सांगतां येतात. कारण विश्वांत दिशाहि नाहींत आणि सीमाहि नाहींत. प्रकाश हा मानदंड धरूनहि कोणत्याहि ठिकाणाची सत्य गति ठरविता येणार नाहीं. कारण प्रकाशाची गति ही प्रकाश जेथून निघतो व जेथें स्वीकारला जातो तीं दोन्हीं स्थानें चंचल असलीं तरी स्वतः स्थिर असते. तुलनेंकरितां शाश्वत असे घटक निसर्ग देऊं करीत नाहीं. आणि दुसरा एक सुप्रसिद्ध जर्मन गणितज्ञ लायब्निटस याला आइनस्टाइनच्या पूर्वीं दोन शतकें कळून आलें होतें कीं ज्याला आपण स्थल म्हणतो तें म्हणजे वस्तूंचा परस्पर संबंध अथवा सापेक्षपत्व हेंच होय. त्याला व्यापणाऱ्या वस्तू नसतील तर तेथें कांहींच नसतें.

शाश्वत स्थलाबरोबर शाश्वत कालहि आइनस्टाइननें सोडून दिला. अनादि कालापासून अनंत कालापर्यंत पसरलेला असा एकसंध विश्वव्यापी असा मानला गेलेला कालहि त्यानें झिडकारून दिला. सापेक्षतावादाभोंवतीं जें गूढ वलय निर्माण झालें आहे त्याचें कारण म्हणजे रंग जसा पाहणाराच्या दृष्टींतून निर्माण झालेला असतो तसाच काल हाहि होय हें तत्त्व पचविणें सामान्य माणसास कठीण जातें हें होय. पाहणारा नेत्र असल्याविना जसा रंग असा कांहीं पदार्थ नसतो तसेंच एक क्षण किंवा तास हा त्या अवधींत कांहीं घडल्याशिवाय स्वतंत्र-पणें असूं शकत नाहीं. आणि म्हणून स्थल म्हणजे ज्याप्रमाणें जड वस्तूंची मांडणी तसेंच काल हाहि संभाव्य घटनांची मांडणी होय. काल हा मानीव असतो हें आइनस्टाइनच्या शब्दांत उत्तमपणें मांडतां येईल. तो म्हणतो, "व्यक्तीचे अनुभव हे घटनांच्या एका साखळींत मांडलेले दिसतात. या साखळींत आपणाला आठवणारा प्रत्येक अनुभव हा आधीचा किंवा नंतरचा असा दिसतो. यामुळें व्यक्तीला स्वतःला त्याचा म्हणून एक अहंकाल असा असतो. तो त्याच्यापुरता घेतला तर त्याचेंहि मोजमाप करतां येत नाहीं. घडणाऱ्या घटनांशीं मी संख्याचा संबंध जोडूं शकतो म्हणजे मागून घडणाऱ्या घटनेची संख्या अधिक असें मानतो. हें मानणें घड्याळाच्या घटनाचा कार्यक्रम व बाहेर घडून येणाऱ्या घटनांचा कार्यक्रम यांची सांगड घालून साधतां येते. आमच्या दृष्टीनें घड्याळ म्हणजे घटनांची साखळी मोजतां येणारें एक साधन होय."

आपल्या अनुभवांचा घड्याळ किंवा दिनपत्रिका यांशीं संबंध जोडून आम्ही काल ही एक बाह्य कल्पना ठरवितों. पण घड्याळ किंवा दिनपत्रिका यांनीं दर्शविलेलें कालमापन हें ईश्वरानें विश्वाला लावून दिलेल्या शाश्वत नियमासारखें निश्चित नसतें. आजवर मानवानें वापरलेलीं सर्व घड्याळें हीं सूर्यमालेला धरून लावलेलीं असतात. आपण ज्याला एक तास म्हणतों ते खरें म्हणजे स्थलाचें मापन असतें, कारण येथें दृश्य विश्व हें पंधरा अंशानें सरकलेलें असतें आणि ज्याला आपण वर्ष म्हणतो तें म्हणजे पृथ्वीचें सूर्याभोंवतीच्या भ्रमणाचें मापन होय. बुधग्रहावर रहाणाराच्या कालाविषयीच्या कल्पना कांहीं निराळ्याच असतील. कारण बुध हा सूर्याभोंवतींची आपली प्रदक्षिणा आपणा मानवांच्या हिशेबानें ८८ दिवसांत पूर्ण करतो. आणि त्याच कालांत स्वतःभोंवतींही एकदांच फिरतो. यामुळें बुधग्रहावर वर्ष आणि दिवस हे एकच येतील. पण विज्ञान हें सूर्यमंडळाच्याहि पलीकडे दृष्टि टाकूं लागलें म्हणजे मात्र आपल्या पृथ्वीवरील कालाच्या कल्पना निरर्थक ठरतात. कारण सापेक्षतावाद आपणांस सांगतो कीं कोणत्याहि स्थलाचा आधार न घेतां स्वतंत्र असें कालाच्या मापनाचें साधनच नाहीं. समानकालत्व असें कांहीं नाहींच मुळीं. दुसऱ्या कशाशीं तरी तुलना केल्याविना 'आतां' यालाहि अर्थ नाहीं. उदाहरणार्थ न्यूयॉर्कमधील माणूस लंडनमधील आपल्या मित्राला टेलिफोन करीत असला व न्यूयॉर्कमध्यें संध्याकाळचे ७ वाजले असले व लंडनमध्यें रात्र झाली असली तरी दोघेहि एकाच वेळीं बातचीत करीत आहेत असें आपण म्हणतों. पण त्याचें कारण ते दोघेहि एकाच ग्रहावर राहत असून त्यांचीं घड्याळेंहि एकाच खगोल परिस्थितीशीं निगडित आहेत हें होय. पण दुसऱ्या एखाद्या आर्क्टुरस सारख्या ताऱ्यावर नेमकें आंताच काय चाललेलें आहे याचा विचार करूं लागलों म्हणजे मात्र गुंतागुंतीचा प्रश्न उत्पन्न होतो. हा आर्क्टुरस तारा आपणापासून ३८ प्रकाशवर्षें इतका दूर आहे. एक प्रकाशवर्ष म्हणजे प्रकाश एका वर्षांत जेवढें अंतर तोडतो तेवढा प्रदेश. म्हणजे स्थूल मानानें सहा दशलक्ष दशलक्ष दशलक्ष येवढा प्रदेश! आतांच आर्क्टुरसवर रेडियो संदेश पाठवावयाचें ठरलें तर आपला संदेश पोहोचावयास ३८ वर्षें लागतील आणि परत संदेश येण्यास ३८ वर्षें लागतील. रेडियो लाटा ह्या प्रकाशलाटांच्या वेगानें जात असतात. आणि म्हणून जेव्हां १९५७ सालीं आर्क्टुरसकडे पाहून आपण म्हणतों कीं 'आतां' हा आर्क्टुरस आपण पाहत आहों तेव्हां खरें म्हणजे त्याचें भूत आपण पाहत असतों—कारण आपण पाहत असतों ती १९१७ ला निघून आपल्या

डोळ्यावर येऊन पोहोचलेली प्रतिमा असते. आर्क्टुरस सध्यां हवात तरी आहे की नाहीं हें कळून घेण्यांतहि निसर्ग आपणांस १९९५ पर्यंत दाद लागूं देत नाहीं.

असे विचार सुचत असले तरी पृथ्वीशी जोखडलेल्या मानवाला 'याच क्षणीं' ही 'आत्ताची' कल्पना सर्व विश्वाला लागूं पडत नाहीं हा विचार पचनीं पाडणें कठीण जातें. पण 'आपल्या विशिष्ट सापेक्षवाद' या सिद्धांतांत आइनस्टाइन हा बिनतोड अशा उदाहरणांनीं व तन्निष्ट निष्कर्षांनीं असें सिद्ध करतो कीं परस्पर असंबद्ध अशा क्षेत्रांत घडणाऱ्या घटना समकालीन असतात असें मानणें याला अर्थच नाहीं. तो आपल्या विचारसरणीची उकल पुढीलप्रमाणें करतो.

पहिली गोष्ट म्हणजे शास्त्रज्ञाला घटनांचें वस्तुनिष्ठ वर्णन करावयाचें असल्यानें आपण हें लक्षांत ठेवलें पाहिजे कीं त्याला 'हे' 'आतां' 'येथें' असली आत्म-निष्ठ परिभाषा वापरून चालणार नाहीं. त्याच्या दृष्टीनें स्थल व काल यांना जें व्यावहारिक स्वरूप येतें तें घटना आणि परिस्थिति ही स्पष्ट केली जातात तेव्हांचें. आणि आकाशांतील घडामोडीविषयीं उदाहरणार्थ विद्युत्-घटना वगैरेसारख्या गुंतागुंतीच्या गतीविषयीं, विचार करतांना एका स्थलीची घनता ही इतर स्थलीच्या घनता लक्षांत घेऊन त्यांचे परस्पर संबंध ठरवावे लागतात. ज्या गणिताच्या नियमान्वयें हे संबंध ठरविले जातात ते रूपांतराचे[१] नियम म्हणून ओळखिले जातात. या रूपांतरांचें साधेंसुधें स्वरूप नावेंत बसून प्रवास करणाऱ्या प्रवाशाच्या उदाहरणानें दाखवितां येईल. तो जर जहाजाच्या फलाटा-वर ताशीं ३ मैलाच्या वेगानें फिरत असेल आणि जहाज समुद्रांत ताशीं १२ मैलानें वहात असेल तर त्या प्रवाशाची समुद्रावरील चाल ताशीं १५ मैल ठरेल; उलट तो जहाजावर प्रवाहाच्या उलट दिशेनें पावलें टाकीत असेल तर त्याचा वेग ताशीं ९ मैलच ठरेल. दुसरें उदाहरण घ्यावयाचें तर आगगाडीचा रस्ता ओलांडावयाच्या ठिकाणीं वाजत असणाऱ्या धोक्याच्या घंटेचें देतां येईल. वाजणाऱ्या घंटेनें उत्पन्न केलेल्या नादलहरी या भोंवतालच्या हवेंतून सेकंदाला ४०० यार्ड या वेगानें पसरत असतात. आगगाडी या ओलांडीच्या स्थानाकडे सेकंदाला २० यार्डानें धावत असते. म्हणून आगगाडी त्या स्थानाकडे येत असतां घंटेचा आवाजाचा वेग आगगाडीच्या सापेक्षतेनें

१. Laws of Transformation.

सेकंदाला ४२० यार्ड ठरतो, तर आगगाडी पुढें निघून जातांच घंटेचा वेग तत्काल सेकंदाला ३८० यार्ड ठरतो. वेगांची ही साधी बेरीजवजाबाकी साध्या अवलोकनावरच आधारलेली असून गॅलिलियोच्या काळापासून ती संयुक्त गतीचे प्रश्न सोडवितांना सर्वत्र वापरली गेलेली आहे. पण प्रकाशाच्या क्षेत्रांत ती वापरतांना मात्र गंभीर स्वरूपाच्या अडचणी उत्पन्न झालेल्या आहेत.

सापेक्षतावादावरील आपल्या पहिल्या निबंधांत या अडचणीवर आइनस्टाइननें दुसऱ्या एका प्रसंगाला उद्देशून भर दिला होता. येथेंहि प्रसंग घेतला होता तो रस्ता ओलांडून जाणाऱ्या आगगाडीचाच. तेथें सिग्नलच्या दिव्याचा प्रकाशकिरण सेकंदाला १,८६,२८४ मैल एवढ्या वेगानें फेकला जातो. प्रकाशाचा हा वेग पदार्थविज्ञान-शास्त्रांत इंग्रजी 'सी' या अक्षरानें दाखविला जातो. गाडी सिग्नलकडे 'व्ही' या वेगानें जात असते, यामुळें सिग्नलकडे गाडी येत असतां प्रकाशाचा वेग 'सी + व्ही' असावा आणि सिग्नलच्या पलीकडे जातांना 'सी—व्ही' असावा असा तर्क साहजिकच करण्यांत येतो. पण हा तर्क मायकेलसन—मोर्ले यांच्या प्रयोगाच्या विरुद्ध जातो. कारण त्या प्रयोगाप्रमाणें प्रकाश ज्यांतून बाहेर पडतो व ज्याचेकडे जातो त्यांपैकीं कोणाच्याहि गतीचा त्याच्या वेगावर परिणाम होत नाहीं. हा चमत्कार एकाच गुरुत्वाच्या केंद्राभोंवतीं फिरणाऱ्या तारकायुगुलाच्या अभ्यासावरूनहि बळकट होतो. सूक्ष्म अवलोकनावरून असें दिसून आलें आहे कीं या तारका-युगुलापैकीं अलीकडे येणाऱ्या व पलीकडे जाणाऱ्या तारेंतून येणारा प्रकाश नेमका एकाच गतीनें वहात असतो. प्रकाशाची गति सर्व विश्वांत जर एकच असेल तर आइनस्टाइननें घेतलेल्या आगगाडीच्या उदाहरणांतहि गाडीच्या वेगानें प्रकाशाच्या वेगांत कांहींच फरक पडणार नाहीं. आगगाडी सिग्नलकडे अगदीं सेकंदाला १० हजार मैलांच्या वेगानें दौडत आहे असें मानलें तरी प्रकाशाचा वेग हा स्थिर असतो या तत्त्वान्वयें गाडीवरील निरीक्षकाला प्रकाश हा सेकंदाला १,८६,२८४ मैल हाच कमिजास्त न होतां कायमचा स्थिर रहातो असें आढळून येईल.

येथें निर्माण केलेला कूटप्रश्न हा रविवारच्या वर्तमानपत्रांत घातलेल्या कोड्यापेक्षांहि अधिक गुंतागुंतीचा असतो. निसर्गाचा एक कूटप्रश्नच येथें उपस्थित केला जात असतो. आइनस्टाइनला दिसून आलें कीं यांतील कूट हें आजवर विश्वासानें मानलेल्या दोन गोष्टींवर अवलंबून आहे. एक म्हणजे प्रकाशाचा वेग हा कायम असतो आणि दुसरें म्हणजे प्रकाशाच्या वेगाची बेरीज होत असते. आतां दुसरें हे दोन अधिक दोन चार असें सांगणाऱ्या गणिताच्या खंबीर तर्क-शास्त्रावर उभें असलें तरी आइनस्टाइनला आढळून आलें कीं पहिलें हें विश्वाचें

मूलगामी तत्त्व होय. यावरून त्यानें असा निष्कर्ष काढला की गतिमान पदार्थांचा संबंध ठरविण्याकरितां प्रकाशाच्या गतीशीं जुळतें घेईल असा नियम शोधून काढला पाहिजे.

हा नियम त्याच्याच नियमाला धरून डच देशांतील बडा शास्त्रज्ञ एच्. ए. लोरेंझ यानें काढलेल्या समीकरणमालेंत आइनस्टाइनला आढळून आला. त्याच मूळ उपयोग ज्याकरितां करण्यांत आला तो आतां इतिहासजमा झाला असला तरी लोरेंझचा बदलाचा नियम हा सापेक्षतेच्या गणिताचा एक भाग म्हणून कायम आहे. तो समजून घेण्याकरितां प्रथम गतीच्या बेरजेंत अनुस्यूत असलेले दोष लक्षांत घेतले पाहिजेत. आइनस्टाइननें हे दोषहि आगगाडीला धरून असलेल्या दुसऱ्या एका कल्पनेच्या अनुषंगानें दाखवून दिले. येथेंहि त्यानें एक सरळ रस्ता आहे व त्याच्या काठांवर बसलेला एक निरीक्षक असून विजेचा गडगडाट होऊन ती वीज त्या रस्त्यावर एकाच वेळीं दोन ठिकाणीं आदळते आहे अशी कल्पना लढविली. मग आइनस्टाइन विचारतो कीं 'एकाच वेळीं म्हणजे काय?' कल्पना अधिक काटेकोर करण्याकरितां तो पुढें असें गृहीत धरतो की निरीक्षक हा त्या दोन अ, ब काठांच्या बरोबर मध्यावर बसलेला आहे, व त्याच्याजवळ असलेल्या आरशाच्या सहाय्यानें मान न फिरवितां तो अ व ब येथील प्रकाश पहात आहे. अशा स्थितींत विजेचा प्रकाश दोन्हीं आरशांत जर एकाच वेळीं प्रतिबिंबित झालेला दिसला तर दोन्ही विजा एकाच वेळीं चमकल्या असें मानणें साहजिकच ठरतें. आतां याच रस्त्यावरून एक आगगाडी गर्जत जात आहे व तिच्यावर एक निरीक्षक कसेंतरी संभाळून बसला असून त्याच्याहि हातांत वरीलप्रमाणेंच एक आरसा आहे. इतक्यांत गाडी येते व तिच्यावरील निरीक्षक बाहेरच्या निरीक्षकाच्या बरोबर समोर येत असतांच वीज अ व ब या ठिकाणीं कडाडते. आतां प्रश्न असा कीं त्यालाहि या दोन्ही विजा एकाच क्षणाला दिसतील का? उत्तर असें कीं त्या दिसणार नाहींत. कारण त्याची गाडी जर अ ठिकाणाहून ब ठिकाणाकडे दौडत असेल तर ब ठिकाणची वीज ही 'अ' च्यापेक्षां एक क्षणभर कां होईना पण आरशांत उशीरा चमकलेली दिसेल. याबद्दल कांहीं संशय असेल तर आपण अशी कल्पना करूं कीं क्षणभर कां होईना पण गाडी प्रकाशाच्या वेगानें म्हणजे सेकंदाला १,८६,२८४ या तुफान वेगानें दौडत आहे. अशा स्थितींत 'ब' पासून निघणारा विजेचा प्रकाश हा 'अ'पासून निघणाऱ्या प्रकाशाच्या वेगानेंच जात असल्यानें धावत्या आगगाडीच्या आरशांत कधीं प्रतिबिंबितच होणार नाहीं. कारण तो प्रकाश आगगाडीच्या

वेगावर मात करूं शकणार नाहीं. अर्थात् गाडीवर बसलेला निरीक्षक म्हणेल कीं वीज फक्त एकच ठिकाणीं पडली. आणि गाडीचा वेग कांहीं असला तरी निरीक्षक म्हणेल कीं गाडी ज्या बाजूला धावत होती त्या बाजूची वीज प्रथम पडली. यामुळें कांठावर स्थिर बसलेल्याला ज्या दोन वीजा एकाच वेळीं चमकतांना दिसल्या त्या गाडीवर बसलेल्याला एकाच वेळीं दिसणें शक्य नाहीं.

विजांच्या चमकण्यांतील हा विरोधाभास हा आइनस्टाइनच्या सिद्धातांतील कूटप्रश्नांचा एक नाटकी आविर्भाव होय. तो कूटप्रश्न म्हणजे समकालीनत्वांतील सापेक्षतावाद हा होय. तो प्रश्न असें दाखवून देतो कीं आत्मनिष्ट 'आतां' ची कल्पना ही विश्वाच्या सर्व भागांत लागूं पडत नाहीं. कारण आइनस्टाइन दाखवून देतो कीं 'ज्या घटनांच्या अनुषंगानें काल ठरविला जातो त्या प्रत्येक घटनेचा काल हा तिचा स्वतःचा असतो. कालाविषयीं विधान करतांना कोणत्या उद्देशाला अनुलक्षून तें विधान केलेलें आहे हें कळल्याविना अमुक घटना अमुक कालांत घडली याला अर्थ नाहीं.' जुन्या पद्धतीनें दोन वेगांची बेरीज करण्यांत येई त्यांत हेत्वाभास असे. कारण तेथें असें गृहीत धरण्यांत येई कीं एखाद्या घटनेचा काल हा ज्याला उद्देशून तो काल ठरवावयाचा त्याच्या गतीच्या निरपेक्ष स्वतंत्र असतो. उदाहरणार्थ नावेंत फेऱ्या घालणाऱ्याच्या बाबतींत असें गृहीत धरण्यांत आलें होतें कीं हलत्या नावेवरील घड्याळाप्रमाणें त्यानें एका तासांत तीन मैल फेरी मारली तर स्थिरबंदरावरील घड्याळांतहि तोच काल नमूद केला जाईल आणखी असेंहि गृहीत धरलेलें होतें कीं एका तासांत त्यानें जें अंतर गाठलें तें गतिमान जहाजावरून मापलें काय किंवा स्थिर अशा समुद्राला उद्देशून मापलें काय एकच येत असावें. दोन गतींची बेरीज करण्यातला हा दुसरा हेत्वाभास होय—कारण कालाप्रमाणें अंतर ह्याची कल्पनाहि सापेक्ष आहे. कोणता तरी पदार्थ गतिमान आहे हें मानल्यावाचून मधल्या स्थलाच्या अंतराची कल्पनाच करतां येणार नाहीं.

म्हणून आइनस्टाइन यानें ठासून प्रतिपादन केलें कीं ज्याला सृष्टीच्या देखाव्याचें वर्णन करावयाचें आहे त्याला तें विश्वांत सर्वत्र लागूं पडेल असें उठावयास पाहिजे असेल तर त्यानें स्थल आणि काल यांचा मानदंड हा अस्थिर व बदलता आहे हें गृहीत धरून चाललें पाहिजे. लॉरेंस यानें आपल्या समीकरणांत हेंच केलें होतें. त्या समीकरणामुळें प्रकाशाची गति ही विश्वभर स्थिर आहे; पण ज्याला उद्देशून आपण ती ठरवीत असतों तो काल व तें स्थल हीं मात्र अस्थिर असतात.

यामुळें लॉरेंझ यानें आपलीं समीकरणें हीं एक ठराविक प्रश्न सोडविण्याकरितां वापरलीं असलीं तरी आइनस्टाइननें त्यांतूनच एका अत्यंत व्यापक तत्त्वाचा पाया घातला, व सापेक्षतेच्या तत्त्वाचा एक भव्य प्रासाद उभा केला. तो असा कीं लॉरेंझनें सुचविलेला फेरफार गृहीत धरला तर सृष्टीचे नियम हे सृष्टीच्या सर्व स्थलीं आपली समानता कायम ठेवतात. गणिताच्या असल्या तात्त्विक भाषेत मांडला असतां हा सिद्धांत सामान्य वाचकाला आकलन होणें कठीणच होईल. पण भौतिकशास्त्रांत समीकरण हें केव्हांहि नुसतें तात्त्विक नसतें. सृष्टीच्या व्यापाराचें वर्णन करण्याकरितां शास्त्रज्ञ जें समीकरण वापरतो तो लघुलिपीचा एक प्रकार असतो. कांहीं वेळां तो रोझेटा शिलाखंड असून त्यावरून तत्त्वज्ञ वैज्ञानिकाला ज्ञानाचीं गूढ अशीं नवीं दालनें उपलब्ध होतात. याप्रमाणें लॉरेंझ-प्रणित रूपांतराच्या समीकरणावरून आइनस्टाइननें अनेक अभिनव अशीं विश्वसत्यें शोधून काढलीं.

७

हीं विश्वसत्यें साध्यासुध्या व्यावहारिक भाषेंतहि मांडतां येतील. कारण सापेक्षतातत्त्वाचा एकदां तात्त्विक व गणिती पाया आंखला गेल्यावर आइनस्टाइनला तीं तत्त्वें, जेथें स्थल व काल या अमूर्त तत्त्वांना मोजपट्टीनें वा घड्याळानें मोजतां येतात, त्या प्रयोगशाळेंतहि आणावीं लागलीं. आणि अशा रीतीनें स्थल कालाविषयीच्या आपल्या मूलभूत कल्पना या प्रयोगशाळेच्या भाषेंत भाषांतरित करून त्यानें आजवर कल्पनाहि नसलेले असे कांहीं गुणविशेष घड्याळ आणि मोजदंड यांच्या ठिकाणीं दाखवून दिले. उदाहरणार्थ: चंचल अशा स्थानीं एकादें घड्याळ ठेवलें तर त्याच्या काट्याचें आंदोलन हें स्थिर घड्याळापेक्षां निराळें आढळून येतें, आणि गतिमान अशा एका यंत्राला फूटपट्टी जोडली तर यंत्राच्या वेगानुरूप त्या फूट पट्टीची लांबी बदलतहि जाते. खास म्हणजे वेग वाढत जाईल तसें घड्याळ मंद होतें आणि मोजणारा मानदंड हा गतीच्या दिशेनें आंखडत जातो. ह्या फरकांचा घड्याळाच्या घडणीशीं अथवा मानदंडाच्या घटकांशीं कांहींही संबंध नसतो. घड्याळ हें लंबकानें चालणारें असो, चापानें चालणारें असो वा तास दाखविणारें वाळूचें असो; मोजमापाचा मानदंड लाकडी रूळ असो, धातूची पट्टी असो किंवा दहा मैल लांबलचक तार असो; घड्याळयाची गति मंद होणें किंवा मोजमापाची लांबी आखुडणें ह्या यांत्रिक घटना नसतात. घड्याळयाच्या वा मोजपट्टीच्या बरोबरच गतिमान असणाऱ्या प्रेक्षकाला हे फरक लक्षांत यावयाचे नाहींत. पण स्थिर, म्हणजे चलमान वस्तूंशीं सापेक्षतेनें स्थिर, अशा प्रेक्षकाला मात्र आढळून येईल कीं गतिमान घड्याळ स्थिर घड्याळाच्या मानानें मंदावलें आहे; आणि फिरता मानदंड हा स्थिर मानदंडाच्या मानानें आकसला आहे.

गतिमान अशा घड्याळांची व मानदंडाची ही विशिष्ट वागणूक प्रकाशाच्या अचल वेगाचा खुलासा करूं शकते. या योगानेंच पाहणारा कोठेंहि असला व

त्याचें स्थान गतिमान असलें तरी प्रकाश हा त्याच्या यंत्रावर आदळतो व पुढें निघून जातो तो ठराविक अचल गतीनेंच. कारण पाहणाराची गति जशी प्रकाशाच्या गतीच्या जवळ येऊं लागते तसतसें त्याचीं घड्याळें मंद होतात, व मानदंडहि स्थिर अशा पहाणाराच्या दृष्टीनें आकसूं लागतात. हे आकसण्याचे नियम लोरेंझच्या रूपांतराच्या नियमान्वयें निश्चित करतां येतात. आणि ते अगदीं साधेसुधे आहेत. जितका वेग जास्त तितकें आकसणें जास्त. प्रकाशाच्या गतीच्या ९० टक्क्यानें गतिमान असा मानदंड घेतला तर तो आकसत निम्म्यावर येईल. त्यानंतर आकसण्याची क्रिया अधिक जलद होत जाते. आणि जर तो मानदंड प्रकाशाचा वेग गांठील तर आकसतां आकसतां शून्यावर येईल. तसेंच घड्याळहि प्रकाशाचे वेगानें धावूं लागेल तर पूर्ण बंद पडेल. यावरून हें निष्पन्न होतें कीं कितीहि शक्ति वापरली तरी प्रकाशापेक्षां अधिक दौड मारील अशी वस्तूच नाहीं. यामुळें सापेक्षता ही निसर्गाचा दुसरा एक मूलभूत सिद्धांत प्रगट करते. प्रकाशाचा वेग हा विश्वांतील वेगाचें अंतिम टोक होय.

वरवर पाहतां या घटना पचनीं पाडणें कठीण आहे. पण त्याचें कारण एवढेंच आहे कीं अभिजात विज्ञानानें असें गृहीतच धरलेलें होतें कीं पदार्थांचा आकार हा स्थिर आणि गतिमान अशा स्थितींत सारखाच असतो, आणि घड्याळ रोवलेलें स्थिर असलें वा चंचल असलें तरी त्याच्या काट्यांची गति कायमची एकच असते. व्यवहारज्ञान सांगतें कीं हें असेंच असलें पाहिजे. पण आइनस्टाइननें असें दाखवून दिलें आहे कीं व्यवहारज्ञान म्हणून ज्याला म्हणतात तें ज्ञान म्हणजे अठरा वर्षांच्या आधींच्या वयोमानांत मनावर जे पूर्वग्रह रूढ झालेले असतात त्यांचा एक संचच असतो. पुढील आयुष्यांत ज्या ज्या नव्या कल्पनांची गांठ पडते त्यांतील प्रत्येक कल्पनेला या स्वयंसिद्ध मानल्या गेलेल्या कल्पनेशीं झगडा द्यावा लागतो. आणि आइनस्टाइन हा पूर्वींच्या शास्त्रकारांच्या पेक्षां सृष्टीच्या अंतरंगाचा अधिक खोल ठाव घेऊं शकला याचें कारण हेंच कीं असिद्ध असें कोणतेंहि तत्त्व स्वयंसिद्ध मानण्यास तो नाखूष होता. त्यानें विचारलें कीं गतिमान असें घड्याळ वा मोजमापदंड हे स्थिर असतांना पेक्षां आंकसत जातात असें मानण्यांत विलक्षण तें काय? रूढींत मुरलेल्या शास्त्रज्ञांनीं दुसरा पर्याय हा गृहीतकृत्य म्हणून मानावा याचें कारण एवढेंच कीं रोजच्या व्यवहारांत ह्या गूढाचा लक्षांत येण्यासारख्या गतीशीं संबंध येत नाहीं. मोटारींत, विमानांत किंवा व्ही$_2$ अग्निबाणांतहि घड्याळांची मंदी लक्षांत न येण्याइतकी क्षुद्र असते. गती जेव्हां प्रकाशाच्या गतीच्या

जवळपास येऊं लागतात तेव्हां त्यांचे सापेक्षताधिष्ठित परिणाम दिसून येऊं लागतात. लॅरेंझच्या परिवर्तनाचीं समीकरणें स्पष्ट दाखवून देतात कीं साध्या-गतीमध्यें गति आणि काल यांचा घडून येणारा फरक हा जवळजवळ शून्यच असतो. यामुळें साक्षेपतावाद हा रूढ अभिजात विज्ञानाला खोडून काढीत नाहीं. तो फक्त एवढेंच मानतो कीं जुन्या कल्पना या मर्यादित असून रोजच्या व्यावहारिक परिचित क्षेत्रापुरत्याच त्या लागू पडतात.

आपल्या ज्ञानेंद्रियांच्या पडद्यांतून दिसणारें तेवढेंच सत्य असें मानण्याची माण-साची जी स्वाभाविक प्रवृत्ति असते तिचें कुंपण ओलांडून आइनस्टाइन अशा रीतीनें पलीकडे गेला आहे. ज्याप्रमाणें कणवादाच्या उपपत्तीनें दाखवून दिलें कीं पदार्थांचे सूक्ष्म अंतिम कण हे आपल्या ढोबळ दृष्टीला दिसणाऱ्या विश्वांतल्या स्थूल कणांसारखे वागत नाहींत, त्याचप्रमाणें सापेक्षता तत्त्व दाखवून देतें कीं प्रकांड वेगाचें मोजमाप आपल्या मंद नेत्राला दिसणाऱ्या पदार्थांच्या स्थूल गतीवरून काढतां येणार नाहीं. सापेक्षतेचे नियम हे अपवादात्मक आहेत असेंहि मानण्याचें कारण नाहीं. इतकेंच नव्हे तर अतर्क्य अशा गुंतागुंतीच्या विश्वाचें अत्यंत व्यापक असें चित्र हे नियम आपणास दाखवीत असतात. त्या चित्रांत आपल्या पृथ्वी-वरच्या अनुभवांतले नियम हे अपवादात्मक ठरतात. सध्यांच्या शास्त्रज्ञांना अणूच्या गर्भातील प्रकांड गति अथवा विश्वाच्या स्थलकालाची अजस्र व्याप्ति याची कल्पना करण्यास न्यूटनचे सिद्धांत हे अपुरे वाटूं लागले आहेत. पण या प्रत्येक क्षेत्रांत सापेक्षतेचें तत्त्व मात्र सृष्टीचें अगदीं परिपूर्ण व कांटेकोर असें चित्र त्याला बहाल करीत आहे.

आइनस्टाइननें गृहीत धरलेल्या तत्त्वांना जेव्हां जेव्हां कसोटीला लावण्यास आलें तेव्हां तीं पुरेपूर उतरलीं आहेत. कालमापन हेंहि कमीजास्त होत असतें याचा उत्कृष्ट पुरावा बेल टेलिफोन प्रयोगशाळेंत १९३६ मध्यें एच्. इ. आयव्हेज (Ives) यानें केलेल्या एका प्रयोगांत दिसून आला. किरणोत्सर्गी अणु म्हणजे एक प्रकारचें घड्याळच म्हणतां येईल. कारण तें जो प्रकाश बाहेर फेकतें त्याच्या लहरीची लांबी व स्पंदनकाल ही स्पेक्ट्रास्कोप यंत्रावर अगदीं कांटेकोरपणें मोजतां येतात. आइव्हेज यानें जेव्हां शीघ्रगतीनें फिरणाऱ्या हायड्रोजन अणूंनीं सोडलेला प्रकाश संथगतीनें फिरणाऱ्याशीं तोलून पाहिला तेव्हां त्याला असें दिसून आलें कीं गतिमान अणूंची स्पंदनशीघ्रता ही आइनस्टाइननें आंखलेल्या समीकरणाबरोबरच कमी होत असते. पुढेंमागें या तत्त्वाची अधिक कसोशीनें

तपासणी करण्याची पद्धत शास्त्रज्ञ शोधून काढतीलहि. कोणतीहि आवर्तकारी घटना ही काल मोजण्यास उपयुक्त असल्यानें आइनस्टाइननें दाखवून दिलें कीं मानवाच्या हृदयाचाहि घड्याळासारखा उपयोग करतां येईल. अतएव सापेक्षतेच्या तत्त्वाप्रमाणें प्रकाशगतीच्या जवळपास गतीनें माणूस उड्डाण करूं शकला तर त्याचे सर्व शरीरव्यापार थंडावतील व हृदयाचें चलनहि मंदावेल. आतां ही मंदी त्याच्या लक्षांत मात्र येणार नाहीं कारण त्याचें घड्याळहि तितक्याच प्रमाणांत मंदावलेलें असेल. . पण स्थिर राहणाऱ्या घड्याळजीच्या मतें त्याची वय वाढण्याची गति कमी होईल.

८

जड विश्वाच्या व्यापाराचें वर्णन करण्याकरितां तीन गोष्टी अवश्य असतातः त्या म्हणजे काल, अंतर व घनता. काल आणि अंतर हीं दोन्ही परस्परसापेक्ष असल्यानें कोणालाहि त्यावरून सहज अनुमान बांधतां येईल कीं गतीबरोबर घनताहि बदलत असावी. आणि खरेंच आहे कीं सापेक्षता तत्त्वाचें एक महत्त्वाचें व्यावहारिक फलित म्हणजे घनतेची सापेक्षता हें होय.

'घनता' याचा रोजच्या व्यवहारांतला अर्थ म्हणजे 'वजन'. पण शास्त्रज्ञ जेव्हां ही संज्ञा वापरतात तेव्हां ती थोडा निराळा व अधिक मूलभूत असा अर्थ दाखवीत असते. तो म्हणजे गतीच्या दिशाबदलीला विरोध करणें हा होय. सायकल चालविण्याला किंवा थांबविण्याला जेवढी शक्ति लागते त्यापेक्षां मालाची गाडी ढकलण्याला वा थांबविण्याला ती अधिक लागते. दिशा बदलीला सायकल-पेक्षां मालाची गाडी अधिक विरोध करते याचें कारण तिची घनता अधिक असते हें होय. आजवरच्या रूढ शास्त्राप्रमाणें वस्तूची घनता ही स्थिर असून ती एक वस्तूचा चिरस्थायी असा गुण असतो. म्हणून एखाद्या गाडीचें वजन ती बाजूला काढून बंद ठेवली असतां, अथवा देशांत ताशीं ६० मैलानें धांवत असतां, अथवा आकाशांत ६० हजार मैलानें घोंघावत असतांहि सर्वत्र तेंच राहील. पण सापेक्षता स्पष्ट सांगते कीं वस्तूची घनता ही स्थिर नसून पाहणाराच्या अपेक्षेनें वेग वाढत जाईल तशी तीहि वाढत जाईल. जुन्या शास्त्रज्ञांच्या ही गोष्ट लक्षांत आली नाहीं. याचें कारण माणसांचीं इंद्रियें व हत्यारें ही रोजच्या व्यवहारांत घडून येणारी अतिसूक्ष्म घनतावाढ न ओळखतां येण्याइतकीं ढोबळ असतात. जेव्हां पदार्थांना प्रकाशाच्या जवळपास इतका प्रचंड वेग येतो तेव्हां मात्र ती घनता दिसून येते. (हा प्रकार लांबीच्या सापेक्ष संकोचनाच्या आड येत नाहीं. यामुळें असें विचारण्याचा मोह पडतो कीं पदार्थ लहान होत असतां जड

होतो याचा अर्थ तरी काय? हें मात्र नमूद केलें पाहिजे कीं संकोच होतो तो फक्त एकाच बाजूला. जाडी व रुंदी ही कायम राहतात. शिवाय घनता म्हणजे जाड्य नसून गतीमध्यें होणाऱ्या फरकाला अवरोधकारित्व होय.)

आइनस्टाइनचें समीकरण, कीं ज्याच्या अन्वयें गति वाढत जाईल तशी घनता वाढत जाते, हें सापेक्षतावादांतील इतर समीकरणांसारखें असलें तरी अंतिम परिणामानें मात्र फार मूलगामी आहे. हें बीजगणिताच्या समीकरण-पद्धतीनें मांडावयाचें तर असें मांडतां येईल.

$$घ = \frac{घ_{०}}{\sqrt{१ - वे^{२}/प्र^{२}}}$$

येथें 'घ' हें गतिमान पदार्थाच्या घनतेबद्दल वापरलें असून 'वे' म्हणजे वेग व 'प्र' म्हणजे प्रकाशवेग, आणि घ० म्हणजे पदार्थ स्थिर असतांना असणारी घनता. आतां ज्यानें साध्या बीजगणिताचा थोडा तरी अभ्यास केला आहे त्याला तत्काल लक्षांत येईल कीं 'वे' जर क्षुद्र असला, आणि तो आपल्या रोजच्या अनुभवांत क्षुद्रच असतो, तर 'घ' व 'घ' यांतील फरक जवळजवळ शून्य असतो. पण 'वे' ह्याचा वेग जेव्हां वाढतां वाढतां 'प्र' एवढा होतो त्या वेळीं घनतेची वृद्धि होते ती मात्र अफाट. इतकी कीं पदार्थाची गति जर प्रकाशा-इतकी वाढली तर त्याची घनताहि अनंतावर जाईल. अनंत घनता असलेला पदार्थ जर प्रतिकारहि अनंत पट करील तर त्यावरून पुन्हा आपण याच सिद्धांतावर येतो कीं प्रकाशाच्या वेगानें कोणताच जड पदार्थ धांवू शकणार नाहीं.[१]

सापेक्षतेच्या सिद्धांतांच्या अनेक बाजूंपैकीं 'घनता वाढत जाते' हा सिद्धांत शास्त्रज्ञांनीं अनेक वेळां प्रयोगांनीं सिद्ध करून खात्री करून घेतलेला आहे. प्रभावी विद्युत्-क्षेत्रांत फिरणारे इलेक्ट्रॉन्स आणि रेडियोकिरणांतून फेकलेले बीटा कण यांना जी गति प्राप्त होते ती जवळजवळ प्रकाशवेगाच्या ९९ टक्के इतकी. अणुशास्त्रज्ञांचा प्रकांड वेगाशीं परिचय असल्यानें सापेक्षता तत्त्वानें मानलेली घनतावृद्धि हा आतां नुसता तात्त्विक विषय राहिलेला नसून प्रयोगांत दिसून येणारें त्याचें गणिती स्वरूप दुर्लक्ष करण्यासारखें उरलेलें नाहीं. फार काय, प्रचंड शक्तीच्या प्रोटॉन-सिंक्रोटॉन अशा यंत्राची आंखणी करीत असतां यंत्राचा वेग हा प्रकाशाच्या वेगाजवळ जात असतां घनता वाढत जाईल हें ध्यानीं ठेवावेंच लागतें. नाहीं तर तीं यंत्रें चालूंच राहणार नाहींत.

१. परिशिष्ट पाहा.

घनता ही सापेक्ष असते या तत्त्वावरून पुढें आइनस्टाइन हा एका अत्यंत महत्त्वाच्या सिद्धांतावर येऊन ठेपला. त्याच्या विचारसरणीची धारा सामान्यतः पुढीलप्रमाणें वहात आहे: ज्या अर्थी वेग वाढेल तशी पदार्थांची घनता वाढत जाते, आणि वेग हा जर एक शक्तीचाच एक प्रकार आहे (चलनशील शक्तीचा) तर गतिमान पदार्थांची घनता वाढत जाते ती त्याच्या शक्तीमधूनच येत असली पाहिजे. थोडक्यांत म्हणजे शक्तीलाहि घनता आहे! थोड्या तारतम्यानें साध्या गणिती पद्धतीनें शक्तीच्या कोणत्याहि घटकांत तुलनेनें घनता किती असते हें शोधून काढलें व 'घ' = श × प्र^{२} हा संबंध लक्षांत घेतला म्हणजे शाळेंतील एखादा नवाशिका विद्यार्थीहि इतिहासांत अत्यंत महत्त्वाचें असें गाजलेलें समीकरण बीजगणिती पद्धतीनें पुढीलप्रमाणें मांडूं शकेल: श (शक्ति) = घ प्र^{२}.

ॲटमबॉम्बच्या निर्मितीमध्यें या समीकरणानें बजावलेली कामगिरी ही वर्तमानपत्रांच्या वाचकांना अवगत आहे. पदार्थविज्ञानाच्या लघुलिपीच्या भाषेंत सांगावयाचें तर असें कीं कोणत्याहि पदार्थांतील सुप्त असलेली शक्ति ही त्या पदार्थांची घनता व प्रकाशगतीचा वर्ग यांच्या गुणाकाराइतकी असते. दोन्ही ठिकाणीं योग्य तें माप घेतलें म्हणजे झालें. हा विलक्षण संबंध दोन्हींचें प्रत्यक्ष माप घेतलें असतां अधिकच स्पष्ट होतो. उदाहरणार्थ, एक किलोग्राम अथवा शेरभर कोळशाचें जर संपूर्णपणें शक्तींत रूपांतर केलें तर २५ दशलक्ष दशलक्ष किलोवाट तास पुरेल एवढी, अथवा अखंड संयुक्त अमेरिकन राज्यांतील सर्व विद्युत्शक्ति केंद्रें सतत दोन महिने चालून जेवढी शक्ति निर्माण होईल तेवढी, शक्ति उत्पन्न होईल.

श = घ प्र^{२} हें समीकरण आजवर गूढ असलेल्या अनेक गोष्टींवर प्रकाश पाडत आहे. रेडियम, युरेनियमसारखे किरणोत्सर्गी पदार्थ हे प्रचंड वेगानें प्रकाशकिरण कसे बाहेर फेकूं शकतात, आणि तो प्रकार कोट्यावधि वर्षें कसा चालतो हें यावरून स्पष्ट होत आहे. सूर्य व तारे हे कोट्यावधि वर्षें प्रकाश व उष्णता बाहेर फेकीत कसे राहिले आहेत याचाहि खुलासा होत आहे. कारण आपल्या अग्निज्वलनासारखा प्रकार असता तर आपली पृथ्वी ही प्रकांड कालापूर्वींच अंधारांत गारठून मृत झाली असती. त्याच्यावरूनच अणूच्या गर्भांत केवढी प्रचंड शक्ति सुप्त असते हें दिसून येतें व एका शहराची राखरांगोळी करावयाची असल्यास युरेनियमचे किती ग्राम लागतील ह्याचेंहि भविष्य वर्तवितां येतें. शेवटीं सांगावयाचें म्हणजे जडवस्तूच्या अंतरंगाविषयीं कांहीं मूलभूत सत्यें स्पष्ट होतात हें होय. सापेक्षतेच्या सिद्धांतापूर्वीं शास्त्रज्ञ विश्वाचें जें चित्र

कल्पीत तें द्रव्य आणि शक्ति हीं दोन्ही ज्यांत आहेत अशा एखाद्या भांडयांचें कल्पीत. पहिलें सुस्त, दृश्य व घनता म्हणून मानलेल्या विशेषानें युक्त, तर दुसरें चंचल, अदृश्य व घनतारहित. पण आइनस्टाइननें दाखवून दिलें कीं शक्ति आणि घनता हीं समान आहेत. ज्याला घनता म्हणतों ती संघटित शक्ति असते एवढेंच. हेंच दुसऱ्या शब्दांत सांगावयाचें म्हणजे द्रव्य हीच शक्ति व शक्ति हेंच द्रव्य होय.

हें व्यापक तत्त्व स्वीकारलें म्हणजे सृष्टीचीं अनेक गूढें उकललीं जातात. द्रव्य आणि किरणोत्सर्ग यांचा लपंडाव हा कधीं कणरूपानें तर कधीं लाटांच्या रूपानें जो आढळून येतो त्यांतील गोंधळून टाकणारीं कूटेंहि अधिकाधिक उलगडूं लागतात. इलेक्ट्रॉन हा द्रव्य व विद्युत् हीं दोन्हीं रूपें कशीं घेतो हें उमगूं लागतें व इलेक्ट्रॉनच्या लाटा, फोटॉन द्रव्याच्या लाटा, संभवतेच्या लाटा, विश्वाचें तरंगमय रूप त्यांतील विरोधाभासहि मावळूं लागतो. कारण त्या भिन्न भिन्न कल्पना मूलभूत एकमेव सत्याचींच अनेक रूपें दर्शवीत असतात. आणि त्यामुळें यांपैकीं मूळ सत्य कोणतें या प्रश्नाला यापुढें अर्थ राहत नाहीं. द्रव्य आणि शक्ति यांचें एकमेकांत रूपांतर होऊं शकतें. द्रव्यानें आपली घनता काढून टाकून प्रकाशाच्या वेगानें धांवण्यास प्रारंभ केला कीं त्यालाच आपण किरणोत्सर्ग वा शक्ति म्हणूं लागतों. उलट शक्ति गारठून घट्ट झाली कीं त्यालाच आपण दुसरें नांव देतों तें द्रव्य हें होय. आजवर या दोन्हीचे पृथ्वीवरील मानवाला दिसून येणारे म्हणजेच वरवरचे गुणधर्म तेवढेच शास्त्रज्ञ नमूद करीत असे. पण १६ जुलै १९४५ पासून मानवाला एकाचें दुसऱ्यांत रूपांतर करतां येऊं लागलें आहे. कारण त्या रात्रीं न्यू मेक्सिकोमधील आल्मोगोर्डो येथें मानवानें प्रथमच भरीव अशा द्रव्याचें ज्याला आपण शक्ति म्हणतों त्या प्रकाश, उष्णता, ध्वनि व गति यांत रूपांतर केलें.

तथापि अद्यापीहि अंतिम गूढ हें गूढच आहे. विज्ञानाचा अनेकत्वाकडून एकत्वाकडे जाण्याचा प्रयत्न चालूं असला, सर्व जड पदार्थांतून कांहीं मूल द्रव्याकडे व त्यांतूनहि कांहीं विशेषाकडे, शक्तीच्या अनेक प्रकारांतून एकत्वाकडे व शेवटीं द्रव्य व शक्ति हीं मूलतः एकच मानण्याकडे तो जात असला तरी शेवट अद्याप अज्ञातच आहे. अनेक प्रश्न एका प्रश्नांत विलीन होत आहेत. पण त्या अंतिम प्रश्नाचें उत्तर कदाचित् असाध्यहि ठरेल. द्रव्य व शक्ति यांचें अंतिम स्वरूप कोणतें ? विज्ञान ज्या जड विश्वाच्या मूल गूढांत डोकावूं पाहत आहे तें अंतिम मूल आहे तरी कसें ?

तात्पर्य, कणवादाप्रमाणें सापेक्षतावाद हाहि मानवाला न्यूटननें कल्पिलेल्या विश्वापेक्षां दूर दूर नेत चालला आहे. न्यूटनच्या मतें विश्वाचा पाया हा स्थल व काल यांत खोलवर घट्ट रुतलेला असून एका प्रचंड अचूक व व्यवहार्य अशा यंत्रासारखा त्याचा व्यापार चालू आहे. आइनस्टाइननें आपल्या विशिष्ट सापेक्षतावाद या नांवानें ओळखल्या जाणाऱ्या उपपत्तीमध्यें गतीचे नियम, अंतर, काल व घनता यांच्या सापेक्षतेचीं मूलतत्त्वें व त्यावरून काढलेलीं अनुमानें या सर्वांचा मिळून अंतर्भाव केलेला आहे. मूळ ग्रंथानंतर पुढील वर्षदशकांत त्यानें आपली शास्त्रीय व तात्त्विक भूमिका वाढवून तिला, सार्वत्रिक सापेक्षतेचें स्वरूप दिलें व त्याअन्वयें तारा, धूमकेतु, उल्का, आकाशगंगा यांना फिरत ठेवणाऱ्या गूढ शक्तीचें, व आकाशाच्या अंधुक पोकळींत फिरत असणाऱ्या पाषाण, वाफ, ज्योत, यांच्यामागील गूढ शक्तीचेंहि परीक्षण केलें. न्यूटननें याच गूढ शक्तीला विश्वव्यापी-गुरुत्वाकर्षण हें नांव दिलें होतें. आइनस्टाइनने गुरुत्वाकर्षणाची नवीन स्वतंत्र उपपत्ति लावून व्यापक अशा अखंड विश्वाच्या आकाराची व घडणीची नवी कल्पना मांडली.

१

गणितांत गति नसलेल्यांविषयीं आल्बर्ट आइनस्टाइन सांगतो कीं चतुर्थाकारी क्षेत्रफळाची वस्तु अशी भाषा ऐकली कीं कांहींना गूढ ऐकल्यासारखे शहारे येतात. पण ज्या जगांत आपण राहतों त्या जगाला स्थल व काल मिळून सतत अशा चार बाजू आहेत हें अगदीं साधेसुधें व्यावहारिक विधान आहे.

गणिताशीं ज्याचा बिलकूल परिचय नाहीं तो आइनस्टाइननें योजिलेल्या 'व्यावहारिक' या शब्दाला हरकत घेईल. पण अडचण आहे ती मूळ कल्पनेंत नसून ती व्यक्त करणाऱ्या शब्दांत आहे. आइनस्टाइननें जगाच्या काढलेल्या चित्राची संततेची कल्पना नीट समजून घेतली म्हणजे स्थलकालसातत्याचा उलगडा होतो. जगाच्या आजच्या कल्पनेचा मूलाधार म्हणजेच ही स्थलकाल-सातत्य कल्पना. संतताच्या स्थायींच सातत्याचा गुण असतो. उदाहरणार्थ, ओळी आखण्याचा रूळ हा एकमापी स्थलसातत्य आखीत असतो. पुष्कळशा रुळावर इंच व इंचाचेहि १६ भाग दाखविलेले असतात.

पण इंचाचे लक्षावधि व कोट्यावधि भाग पाडलेले असल्याची कल्पना करणें शक्य आहे. तात्त्विक दृष्ट्या पाहिलें तर यापेक्षांहि सूक्ष्म छेद दाखविणें अशक्य नाहीं. सातत्याचें व्यवच्छेदक लक्षण म्हणजे कोणत्याहि दोन बिंदूंमधील अंतर अनंत संख्येनें छेदतां येईल हें होय.

आगगाडीचा रस्ता हा एकमापी स्थलसातत्यानें आंखलेला असतो व त्यावर आगगाडीचें इंजन चालविणारा आपलें स्थान स्टेशन किंवा मैलाचा दगड याला धरून नुसत्या लांबीच्या मापानें सांगूं शकतो. जहाजावरील कप्तानाला दोन मापें घ्यावीं लागतात. समुद्राचा पृष्ठभाग हा द्विमार्गी सातत्याचा असून खलाशी आपलें ठिकाण ठरवितो तें अक्षांश व रेखांश या दोन्हींना धरून. विमानांतील कर्णधाराला आपलें विमान त्रिमार्गी सातत्यांतून हांकावें लागत असल्यानें त्याला

अक्षांश रेखांश यांच्या जोडीला जमिनीपासूनची उंचीहि लक्षांत घ्यावी लागते. विमानवाल्याचें सातत्य हें आपण पाहतो त्या आकाशांतील असतें. दुसऱ्या भाषेंत सांगावयाचें म्हणजे आपल्या जगाचें अवकाश हें त्रिगुणी व सातत्यपूर्ण असतें.

ज्यांत गतीचा अन्तर्भाव होतो अशी कोणतीहि पार्थिव घटना वर्णन करायची तर नुसतें अवकाशांतील तिचें स्थान निदर्शित करून भागणार नाहीं. तें स्थान कालपरत्वें कसें बदलत असतें हेंहि सांगितलें पाहिजे. उदाहणार्थ, न्यूयॉर्क-शिकॅगो आगगाडीच्या चलनाचें योग्य चित्र द्यावयाचें असल्यास ती गाडी न्यूयॉर्क ते आल्बनी, अल्बनी ते सायरॅक्यूज, क्लीव्हलँड ते टोलेडो ते शिकॅगो-कडे जात असते एवढेंच सांगून भागत नाहीं तर त्या त्या स्थळीं ती कोणत्या वेळीं पोहोंचते हेंहि स्पष्ट केलें पाहिजे. हें वेळापत्रकानें अथवा दृश्य नकाशानें करता येतें. ओळी असलेल्या कागदावर न्यूयॉर्क ते शिकॅगो यांमधील मैल जर आडव्या ओळीवर व तास आणि मिनिटें हीं उभ्या ओळीवर दाखविलीं तर त्या कागदावरील नीट आंखलेली कर्णरेषा ही गाडीची प्रगति आणि वेळ हीं दोन्ही सलग दाखवून देईल. वर्तमानपत्राच्या वाचकांना असलें रेखामय चित्र परिचित असतें. उदाहरणार्थ, दलालाच्या दुकानांतील नकाशावर आर्थिक घडामोडी या वेळ व डॉलर यांच्या संयोगार्थी रेषांनीं दाखविलेल्या असतात. त्याचप्रमाणें न्यूयॉर्क ते लो एंजल्स यांमधील विमानमार्ग चतुर्थाकारी रेषांनीं सलग दाखवितां येईल. विमान अमक्या अक्षांशावर, अमक्या रेखांशावर व अमक्या उंचीवर आहे एवढेंच कळून वाहतूकनियंत्रकाला भागत नाहीं तर त्याबरोबर काल वेगहि कळावा लागतो. म्हणूनच काळ हें चतुर्थ मापन होय. आणि विमानाच्या एकंदर उड्डाणाचें चित्र डोळ्यापुढें उभें करावयाचें असल्यास त्याचें उड्डाण घसरड, उतरण, हीं विलग अशीं दाखवून भागणार नाहीं. उलट तें स्थलकाल सलग दर्शविणाऱ्या चतुर्थमापन पद्धतीनें रेखाटलें पाहिजे.

काल ही अस्पर्श्य वस्तु असल्यानें चतुर्थमापनी जें स्थलकालवर्धन यांचें चित्र रेखाटणें किंवा सांचा तयार करणें अशक्य आहे. पण त्याची कल्पना लढवितां येईल व ती गणिताच्या भाषेंत मांडतां येईल. आपल्या सूर्यमालेच्या पलीकडील, आकाशगंगेंतील तारकामेघांच्या पलीकडील, व अतिदूरच्या पोकळींत जळत असलेल्या अनेक आकाशगंगांच्या पलीकडील विश्वाच्या प्रकांड विशालतेचें वर्णन करावयाचें तर शास्त्रज्ञाला स्थलाचीं तीन मापें व काळाचें एक माप अशीं चार मापें डोळ्यापुढें आणावीं लागतील. आपण आपल्या मनांत हीं मापें अलग

करूं शकतों. आपल्याला स्थल व काल यांची जाणीव असते. पण या दोन्हींची विलगता ही सर्वस्वी आत्मकल्पित असते; आणि विशिष्ट सापेक्षतेच्या उपपत्तीनें दाखविल्याप्रमाणें स्थल व काल हे परस्परसापेक्ष असून ते प्रत्येक व्यक्तीच्या दृष्टीनें बदलत असतात. विज्ञानाच्या अपेक्षेप्रमाणें विश्वाचें रेखीव वस्तुगत चित्र रेखाटावयाचें तर इमारतीचें, वृक्षाचें वा वेटी ग्रॅबलचें चित्र रेखाटतांना लांबी, रुंदी, उंची हीं जशीं विलग काढतां येत नाहींत त्याचप्रमाणें विश्वाच्या चित्रांत काल हाहि विलग काढतां येत नाहीं. जर्मनींतील श्रेष्ठ गणितज्ञ मिंकौस्की यानें सापेक्षतेच्या मूलतत्त्वाचें स्पष्टीकरण करीत असतां स्थलकालाच्या संघटित विकासासंबंधीं जें गणित बसविलें त्याविषयीं तो लिहितो कीं "स्थल व काल यांचें स्वतंत्र आतां सषुप्तांत आलें असून त्यांच्या फक्त छाया उरल्या आहेत. आतां कांहीं रेखीव सत्य उरत असेल तर या दोहोंची सांगड हें होय."

पण यावरून स्थलकालसातत्य ही केवळ गणितागत कल्पना आहे अशी मात्र कोणी समजूत करून घेऊं नये: सर्वच वास्तव्य हें स्थलकालनिष्ठ असून त्यांची विभागणी करतां येत नाहीं. वस्तूंचें सर्व मापन हें कालावर अवलंबून असतें आणि कालाचें मापन हेंहि वस्तूंवर आधारलेलें असतें. सेकंद, मिनिट, तास, दिवस, आठवडा, ऋतु, वर्ष हीं सर्व म्हणजे चंद्रसूर्य व तारे यांच्यापासून पृथ्वीचें असलेलें स्थान दर्शविणें हें होय. त्याचप्रमाणें ज्या अक्षांश रेखांशानें आपण आपलें पृथ्वीवरील स्थान दर्शवितों तेंहि सेकंद मिनिट यांच्या भाषेंतच कांटेकोरपणें मांडावयाचें तर तासाचें व वर्षाचें योग्य मापन अवगत पाहिजे. विषुववृत्त, अयन रेषा, अथवा ध्रुवगोल हीं ठाणीं फक्त बदलत्या ऋतुमानाची नोंद करणारी घड्याळाची तबकडी असून 'मध्यान्ह' हीही सूर्याच्या कोनाविरहित इतर कांहीं असत नाहीं.

असें असून देखील स्थलकालाची एकरूपता स्पष्ट होते ती जेव्हां वेध घेणारा ताऱ्याचें चिंतन करतों तेव्हांच. परिचित अशा नक्षत्रापैकीं कांहीं स्थिर आहेत, कारण त्यांतील तारे गुरुत्वाकर्षणानें संघटित होऊन फिरत असतात. दुसरीं कांहीं दैवयोगानें दिसण्यांत संघटित दिसतात येवढेंच. तीं संघटित दिसतात तीं एकमेकांशीं विसंगत असून देखील दृष्टिपथांत एका रेषेंत येतात म्हणून. असल्या पाहण्यांत एकसंध असलेल्या नक्षत्रांत दोन सारखेच तेजस्वी तारे दिसले कीं ते शेजारीं शेजारीं आहेत असें आपण म्हणतों. पण त्यांपैकीं एक आपणापासून ४० प्रकाश वर्षे इतका दूर असला तर दुसरा ४०० प्रकाश वर्षेंहि दूर असूं शकेल.

अर्थात् खगोलशास्त्रज्ञाला विश्व हें स्थलकालसातत्य होय या दृष्टीनेंच विचार करावा लागतो. जेव्हां तो आपल्या दुर्बिणींतून वेध घेत असतो तेव्हां तो पुढील स्थलाकडेच पाहत नसून मागील कालाकडेहि पाहत असतो. त्याच्या सूक्ष्मदर्शी कॅमेऱ्यांतून ५० कोटी प्रकाश वर्षें दूर असलेल्या कांहीं विश्वबेटांचें अंधुक दर्शन होउन जातें. त्यांतून येणारा ओझरता पुसट प्रकाश आपणाकडे यावयास निघाला त्यावेळीं आपल्या पृथ्वीच्या पुरातन प्राणिमात्राच्या युगांत कणा असलेले प्राणी समुद्रांतून बाहेर येऊन पृथ्वीच्या तरुण अशा खंडांत रांगत येऊं लागले होते. त्याची पृथक्करण करणारी दुर्बीण त्याला सांगते कीं हीं दूर दिसणारीं प्रचंड मंडळें हीं सेकंदाला ३५००० मैल या अतर्क्य वेगानें आपल्या आकाशगंगेपासून दूरवर घोंघावत जात आहेत. किंवा अधिक कांटेकोरपणें सांगावयाचें म्हणजे ५० कोटी वर्षांपूर्वी हीं मंडळें आपणापासून अशीं दूर दौडत होतीं. आतां ती कोठें आहेत किंवा अस्तित्वांत तरी आहेत का, हें कोणालाच सांगतां येणार नाहीं. आपल्या विश्वाच्या चित्राची आपण ठरविलेली तीन स्थलनिष्ठ व एक स्थानिक कालनिष्ठ अशी विभागणी केली तर या आकाशगंगांना फार प्राचीनकालीं उमटलेल्या अंधुक अशा प्रकाशाची काढलेली एक फोटोची प्रत एवढेंच म्हणतां येईल. त्यांना खरें अस्तित्व येतें तें त्यांच्या योग्य संदर्भात स्थलकालसातत्याच्या चतुर्मापी क्षेत्रांत.

पृथ्वीवरील आपल्या अल्प काळांत मानव ह्या सर्व गोष्टींची वासलात आपल्या आत्मतृप्त भावनेप्रमाणें, भूत, वर्तमान व भविष्य या संज्ञांनीं लावीत असतो. पण आपण आपल्या स्वतःच्या अस्तित्वाची जाणीव सोडली तर बाह्य जग घडत नसून फक्त अस्तित्वांत असतें. त्याच्या प्रकांडत्वाची जाणीव फक्त विश्वव्यापी बुद्धीच करूं शकेल. पण त्याचें गणिताच्या दृष्टीनें प्रात्यक्षिक हें स्थलकाल-वर्धमानाच्या तत्त्वानें मांडतां येईल. सापेक्षतेच्या सर्वव्यापी तत्त्वाकरितां स्थल-कालवर्धमानतेचें तत्त्व समजून घेणें आवश्यक आहे व त्या तत्त्वान्वयें विश्वाला संघटित करून आकार व रूप देणाऱ्या गुरुत्वाकर्षणाचें तत्त्व उमगून घेतलें पाहिजे.

१०

सापेक्षतेच्या विशिष्ट क्षेत्रांत गतीचा अभ्यास करून आइनस्टाइननें असें दाखवून दिलें कीं जगांत शाश्वत असें कोणतेंच मोजमाप नाहीं कीं ज्यानें पृथ्वीची अथवा इतर कोणत्याहि ग्रहाची अंतिम गति सांगतां येईल. गति लक्षांत येते ती एकाचें दुसऱ्यापासून स्थलांतर झाल्यानें. उदाहरणार्थ, पृथ्वी ही सूर्याभोंवतीं सेकंदाला २० मैल या वेगानें धावत आहे हें आपण जाणतों. तें जाणतों तें बदलत्या ऋतुमानावरून. पण चार शतकांपूर्वी लोकांना वाटे कीं आकाशांत सूर्य फिरत असलेला दिसतो तो त्याच्याच गतीमुळें. आणि या आधारावर प्राचीन ज्योतिषांनीं जें गणित बसविलें होतें त्यावरून आकाशांतील अनेक घडामोडींचें ते अचूक भविष्य वर्तवीत असत. आणि तसें पाहिलें तर पृथ्वी फिरते असें आपणास कधीं भासत नाहीं किंवा कसल्याहि प्रयोगानें तें सिद्ध झालेलें नाहीं. आणि इतर ग्रह तारे, आकाशगंगा व इतर गतिमान धूडें अहोरात्र धांवत असलीं तरी त्यांची गति लक्षांत येते तीहि परस्परांच्या सान्निध्यांतच. जगांत एकच पदार्थ ठेवून बाकी सर्व बाजूला सारले तर तो उरलेला एकमेव स्थिर आहे कीं सेकंदाला १ लक्ष मैलांच्या प्रचंड वेगानें दौडत आहे हें सांगतांच येणार नाहीं. गति ही सापेक्ष असते. कोणत्या तरी स्थिर अशा घटनेशीं संबंध जोडल्याविना एकाकी पदार्थाची गति याला अर्थच नाहीं.

सापेक्षतेची विशिष्ट उपपत्ति प्रसिद्ध केल्यानंतर आइनस्टाइन विचार करूं लागला कीं शाश्वत गति अशी विश्वांत कांहीं नसेलच का कीं बाह्य कशाचाहि विचार न करतां जी स्वतःच्या गतीनें, स्वतःवर घडवून आणलेल्या फरकावरून लक्षांत यावी! उदाहरणार्थ, आगगाडी अगदीं संथ जात असेल तर ती हलते आहे कीं स्थिर आहे हें आंत बसलेल्याला कोणत्याहि प्रयोगानें सांगतां येणार नाहीं. पण गाडीवानानें एकदम वेग कमी करणारा वा वाढविणारा दांडा

जर जोरानें ओढला तर वेगांत बदल झाल्यामुळें बसलेल्या हिसक्यानें तें तावडतोब लक्षांत येईल. आणि गाडी जर वळण घेत असली तर अचानक बदलत्या दिशेला शरीर सांवरून घ्यावें लागल्यामुळेंहि गति त्याच्या ध्यानांत येईल. यावरून आइनस्टाइननें अनुमान बांधलें कीं जगांत फक्त एकच पदार्थ असता, उदाहरणार्थ आपली पृथ्वी तेवढीच एकमेव असती व ती अचानक वळसे घेऊं लागली असती, तर तिच्या गतीची बेचैन करणारी जाणीव तिच्यावर राहणाऱ्यांना झाल्यावांचून राहती ना. यावरून असें सूचित केलें जातें कीं धक्क्यानें आणि चलनवाढीनें होणारी अस्थिर अशी गति हीच कदाचित् अंतिम गति असावी. दुसरेंहि असें सूचित केलें जातें कीं अंतिम गति ही पोकळ अवकाशाला उद्देशूनच ठरवितां यावी. आइनस्टाइनच्या मतें आकाश पोकळ व गतिसापेक्ष असल्यानें अस्थिर गतीची कल्पना त्याला अगदीं भांबावून सोडणारी होती. सापेक्षतेच्या विशिष्ट उपपत्तीनें त्यानें असें गृहीत धरलें होतें कीं जगांतील सर्वच गोलांची गति सापेक्षतेनें एकसंघ असते व त्या सर्वच गोलांतील सृष्टिनियम समान असतात. विश्वाच्या एकसंधतेवर दृढ विश्वास असल्यानें विश्वाच्या विविध घटकांत गतीचे भिन्न नियम असूं शकतील हें मान्य करण्याचें त्यानें साफ नाकारलें. अतएव सापेक्षतेच्या सर्वव्यास उपपत्तीचा पाया म्हणून त्यानें असें मांडलें कीं विश्वाच्या अनेक थरांत गति भिन्न असली तरी सृष्टीचे नियम हे सर्वत्र एकच असतात. ह्या उपपत्तीची उभारणी करीत असतां त्यानें गुरुत्वाकर्षणाचे नवीन नियम तयार केले. त्यांनीं मानवानें गेलीं तीन शतकें काढलेलें विश्वाचें चित्र बदलून टाकलें.

आइनस्टाननें ही जी उडी मारली ती न्यूटनच्या निसर्ग-सुस्थतेच्या नियमावरून. शाळेंत जाणाऱ्या प्रत्येक विद्यार्थ्याला माहीत असतें कीं 'प्रत्येक वस्तु ही स्थिर तरी असते किंवा गतिमान असली तर दुसऱ्या कशानें धक्का न दिल्यास सरळ रेषेंत स्थिरगतीनें फिरत तरी असते. यामुळें आगगाडीची गति एकदम कमी झाली, जास्त झाली अथवा वळण घेती झाली म्हणजे आपल्याला चमत्कारिक वाटतें तें सुस्थतेच्या नियमान्वयें. आपल्या शरिराला सरळ रेषेंत संथ गतीनें जावयास हवें असतें आणि गाडी ज्यावेळेस त्याला ताण देते तेव्हां सुस्थतेचा स्वभाव त्याला आवरण्याचा प्रयत्न करतो. या सुस्थतेच्या स्वभावामुळेंच लांबलचक डब्यांची ओळ ओढणाऱ्या मालगाडया घरघरत जोर करून जात असतात.

यावरून दुसराच एक विचार सुचतो. गाड्या जर मालांनीं भरलेल्या असल्या तर रिकाम्या असलेल्यांपेक्षां त्यांना जास्ती ताण पडतो व कोळसाहि जास्त लागतो. म्हणून सुस्थतेच्या नियमाला न्यूटननें दुसरा एक नियम जोडला तो असा कीं वेग वाढविण्याकरितां लागणारी शक्ति ही त्या मालाच्या वजनावर अवलंबून असते व भिन्न वजनें असलेल्यांना एकच शक्ति वापरली तर जड वजनापेक्षां हलक्या वजनाला गति अधिक मिळेल. हें तत्त्व माणसाच्या रोजच्या व्यवहारांत सर्वत्र लागू पडतें. अगदीं बालकाची हातगाडी ढकलण्यापासून तो तोफ डागून देईपर्यंत. माणसाला रबरी चेंडू व तोफगोळा दिला तर चेंडू तो अधिक दूरवर फेकील हेंच त्यांतील सामान्य तत्त्व होय.

पण एक चमत्कारिक घटना मात्र अशी आहे कीं जेथें वस्तूच्या चलनाचा व वजनाचा अर्थाअर्थीं संबंध दिसून येत नाहीं. चेंडू अथवा तोफगोळा हे वरून खालीं पडतांना एकाच वेगानें येत असतात. हा प्रकार प्रथम गॅलिलिओच्या ध्यानीं आला व त्यानें प्रयोगानेंच सिद्ध केलें कीं हवेनें होणारा किरकोळ फरक सोडला तर वजन जड असो वा हलकें असो, सर्व पदार्थ एकाच गतीनें खालीं येत असतात. चेंडू आणि हातरुमाल भिन्न गतीनें खालीं येतात याचें कारण हातरुमालाचा पसारा मोठा असल्यानें हवेच्या प्रतिकाराला अधिक जोर चढतो एवढेंच. पण सामान्यतः एकाच आकाराचे रबरी चेंडू, दगडी धोंडा व तोफेचा गोळा हे सोडले तर ते जवळजवळ एकाच वेगानें खालीं येतात. (निर्वात पोकळींत हातरुमाल व तोफगोळा शेजारीं शेजारीं येऊन पडतील.)

हा प्रकार न्यूटनच्या सुस्थतेच्या नियमांना झुगारून देत असलेला दिसतो. कारण पायथ्याशीं समांतर जातांना जर भिन्न वजनांच्या वस्तूंना भिन्न वेग मिळतो तर वरून खालीं पडत असतांना मात्र वजन वा आकार कमीजास्त असला तरी वस्तूंची गति एकच कां रहावी? यावरून असें दिसूं लागतें कीं सुस्थतेचा नियम हा पृथ्वीशीं समांतर गतीलाच लागू असावा.

न्यूटननें या कोड्याचें उत्तर आपल्या गुरुत्वाकर्षणाच्या नियमांत दिलें आहे तें एवढेंच कीं ज्या गूढशक्तीनें एक जड वस्तु दुसरीला आपणाकडे खेचीत असते ती शक्ति आकर्षित वस्तूच्या वजनाच्या मापानें वाढत जाते. आकर्षित पदार्थ जेवढा जड तेवढें आकर्षण जोरदार. पदार्थ छोटा असला तर त्याची चलन-विरोधी सुस्थताहि कमी, पण त्याचबरोबर गुरुत्वाकर्षणाची शक्तीहि कमजोर. वजन तेंच असून आकार मोठा असेल तर सुस्थपणा वाढेल पण गुरुत्वाकर्षणहि वाढत जाईल. यावरून गुरुत्वाकर्षण हें वस्तूची सुस्थावस्था मोडण्याइतकेंच

वापरलें जात असतें. आणि यामुळेंच वस्तूचें मुळांतील वजन कांहीं असलें तरी सर्व वस्तू सारख्याच वेगानें खालीं पडतात.

वस्तूची सुस्थता आणि गुरुत्वाकर्षण ह्यांतील रेखीव समतोलपणा हा एक विलक्षण योगायोग म्हणून न्यूटनच्या काळापासून तीन शतकें श्रद्धेनें मानला जाई. पण तो कां व कसा घडतो याचा खुलासा कधींच झाला नव्हता. अर्वाचीन यंत्रणा व स्थापत्य हें सर्व न्यूटनच्या तत्त्वावर वाढत चाललें होतें आणि आकाशांतील सर्व घटना या न्यूटनच्या नियमानुसार घडत असें दिसत असे. पण आइनस्टइनला न्यूटननें अनेक गोष्टी गृहीत धरल्या हें पसंत नसल्यानें त्याचे सर्व शोध हे रूढ मतांवरील अविश्वासांतून उसळी मारून आलेले आहेत. गुरुत्वाकर्षण आणि सुस्थता यांतील समधातता हा एक निसर्गांतील योगायोग आहे या विधानाची त्याला शंका येऊं लागली होती. आणि गुरुत्वाकर्षण ही एक शक्ति असून ती फार मोठ्या अंतरावर तत्काल जोर करूं शकते ही कल्पना तर त्यानें झिडकारून दिली. पृथ्वीनें फार दूरवरच्या आकाशांतील पदार्थ आपणाकडे ओढावा आणि तोहि वस्तूच्या मूलगत वजनाच्या बरोबरीनें ओढावा ही विलक्षण कल्पना आइनस्टाइनला अतीव असंभवनीय वाटली. म्हणून त्यावरील सुचलेल्या आक्षेपांतूनच त्यानें गुरुत्वाकर्षणाची एक नवी उपपत्ति बसविली, व तिनें न्यूटनच्या अभिजात सिद्धांतापेक्षां अधिक कांटेकोरपणें सृष्टीचें स्वरूप उकलून दाखविलें.

११

आइनस्टाइन हा नेहमींच सृजनशील वृत्तीनें विचार करीत असल्यानें त्यानें रंगभूमि रंगविली ती एका कल्पित पठारावरच. त्याचा तपशील कल्पित सृष्टींत रमणाऱ्या इतर अनेकांनीं आपल्या धुंदींत योजून आंखला होता. आइनस्टाइननें कल्पना लढविली ती प्रचंड इमारतीची कीं जिच्यांत एक मोठा लिफ्ट असून तो त्याच्या तारा तुटल्यानें मोकळेपणें खालीं येत चालला आहे. या हलत्या पिंजऱ्यांत कांहीं शास्त्रज्ञ बसलेले असून, आपला कपाळमोक्ष होणार आहे याची त्यांना कल्पना नसल्यानें शास्त्रीय प्रयोग करण्यांत गुंग आहेत. ते आपल्या खिशांतून फाउंटनपेन, नाणें, किल्ल्यांचा जुडगा बाहेर काढतात व सोडून देतात पण पाहतात तो कांहींच न घडतां पेन, नाणें, जुडगा हवेंतच स्थिर झालेलीं दिसून येतात. कारण त्यांच्याच बरोबर त्याच गतीनें पिंजरा व त्यांतील माणसें न्यूटनच्या गुरुत्वाकर्षणाच्या नियमान्वयें खालीं येत असतात. पण कोणत्या घातक स्थितींत आपण आहोंत ह्याची त्या हलत्या पिंजऱ्यांतील शास्त्रज्ञांना कल्पना नसल्यानें ते याचा अर्थ निराळाच लावतील. त्यांना वाटेल कीं कांहीं तरी अद्भुत घटनेनें आपण पृथ्वीच्या गुरुत्वाकर्षणकक्षेच्या बाहेर आलों असून निर्वात अशा अवकाशांत स्थिर आहोंत. आणि असें वाटण्याला भरपूर आधारहि आहे. त्यांच्यापैकीं एकानें जर पायथ्यापासून वर उडी मारली तर उडीच्या वेगाला धरून तो संथपणें छपरापर्यंत जाईल. त्यानें जर आपली लेखणी किंवा किल्ली फेकली तर ती भिंतीवर जाऊन आपटेपर्यंत ज्या दिशेनें फेकली त्या दिशेनें ती जात राहील. न्यूटनच्या सुस्थतेच्या नियमाप्रमाणें सर्वच स्थिर तरी असतें किंवा सरळ रेषेनें समान गतीनें फिरत तरी असतें. पिंजरा हा कोणत्या तरी कारणानें सुस्थ झाला आहे व त्यामुळें आंतल्या मंडळींना आपण गुरुत्वाकर्षणानें खालीं जात आहोंत कीं कोणत्याहि शक्तीपासून मोकळे असून पोकळ आकाशांत तरंगत आहोंत हें त्यांना सांगतां येईनासें झालें आहे.

आतां आइनस्टाइन देखावा बदलतो. ते शास्त्रज्ञ अजूनहि पिंजऱ्यांतच आहेत, पण आकाशांतील कोणत्याहि ताऱ्याच्या आकर्षणक्षेत्राच्या बाहेर पोकळ अशा अवकाशांत फिरत आहेत. पिंजऱ्याच्या छपराला तार जोडलेली असून एक अज्ञात शक्ति ती गुंडाळीत आहे व पिंजरा वाढत्या वाढत्या वेगानें वर जात आहे. आतां देखील पिंजऱ्यांतील माणसांना आपण कोठें आहोंत याची कल्पना नसते व ते आपली स्थिति पाहण्याकरितां प्रयोग करूं लागतात. आतां त्यांना आढळून येतें कीं आपले पाय पायथ्यावर घट्ट रुतलेले असून त्यांनीं वर उडी मारली तरी ते छपराकडे तरंगत नाहींत; कारण पायथाहि त्यांच्या बरोबर वर वर आलेला असतो. त्यांनीं हातांतून वस्तू सोडल्या तर त्या पडतांना दिसतात. आडव्या दिशेनें वस्तू फेकल्या तर त्या सरळ समांतर न जातां पायथ्याशीं लंब चतुष्कोणाच्या दिशेनें जातात. *आणि म्हणूनच त्या शास्त्रज्ञांना खिडकी नसलेला* आपला पिंजरा हा तारकागणांच्या मधल्या पोकळ अवकाशांतून जात आहे याची कल्पना नसल्यानें ते समजतात कीं पृथ्वीवरच्या एखाद्या स्थिर खोलींत आपण असून गुरुत्वाकर्षणाचा नियम तेथें नेहमींप्रमाणें चालू आहे. खरें म्हणजे आपण गुरुत्वाकर्षणाच्या जागेंत स्थिर आहोंत कीं बाहेरच्या अवकाशांत वाढत्या वेगानें वर जात आहोंत हें उमगण्याचा त्यांना कांहीं मार्गच नसतो.

त्यांची बंदिस्त खोली जर आकाशातून स्वैर भरारी मारणाऱ्या एखाद्या बड्या धेंडाला जोडलेली असली तरीहि त्यांच्या पुढें तेंच कोडें उभें राहील. फिरत्या बड्या धेंडाच्या मध्याकडून आपणाला कोणीतरी दूर खेंचत आहे असें त्यांना वाटेल आणि एखादा बडबड्या ताबडतोब ठोकून देईल कीं ही खेचणारी शक्ति म्हणजे सुस्थता अथवा भिंगऱ्या पदार्थांच्या बाबतींत गणली जाणारी बहिर्गामी शक्ति होय. पण *खोलीच्या आंतल्यांना ह्या नव्या परिस्थितीची कल्पना नसल्यानें* ते ही शक्ति गुरुत्वाकर्षणाचीच मानतील. कारण खोलींत जर सामानबिमान कांहीं नसेल तर पाया कोणता आणि छप्पर कोणतें हें त्यांच्या लक्षांतच येणार नाहीं. कळेल तें एवढेंच कीं कोणती तरी शक्ति आपल्याला खोलींतील कोणत्या तरी एका भागाकडे ओढीत आहे. म्हणजे बाहेरून तटस्थपणें पाहणारा जी खोलीची भिंत म्हणेल तीच आंतल्या व्यक्तींना पायाखालची फरसबंदी वाटेल. यावर विचार करतां क्षणांत आढळून येईल कीं आपण ज्याला 'वर' व 'खालीं' म्हणतों त्यांना आकाशाच्या पोकळींत अर्थच नसतो. पृथ्वीवरचे आपण जें खालीं म्हणून म्हणतों ती म्हणजे गुरुत्वाकर्षणाची दिशा होय. सूर्यावरील माणसाला दिसेल कीं आस्ट्रे-लिया, आफ्रिका, अर्जेंटेनिया येथील लोक हे पृथ्वीच्या दक्षिण भागावर पाय

रोंखून खालीं लोंबकळत आहे. याच दृष्टीनें पहावयाचें तर ॲडमिरल ब्यार्ड ह्यानें दक्षिण ध्रुवावरून पलीकडे उड्डाण केलें हें विधान म्हणजे भूमितींतील कल्पित कथा होय. कारण खरें म्हणजे त्यानें उड्डाण केलें तें खालूनच—खालीं डोकें वर पाय या तऱ्हेनें, आणि म्हणूनच भिंगरी घेणाऱ्या खोलीच्या आंतील माणसांना वाटेल कीं खोली वर जात असतांना जसा प्रकार घडावा तसाच आंपल्या खोलींत घडून येत आहे. त्यांचे पाय 'तक्तपोशी' वर स्थिर आहेत. जड पदार्थ 'पडत' असतात, आणि येथेंहि पुन्हा हा सर्व प्रकार गुरुत्वाकर्षणाचा आहे असें ते मानतात व गुरुत्वाकर्षणाच्या जागेवर आपण सुरक्षित आहोंत असें समजतात.

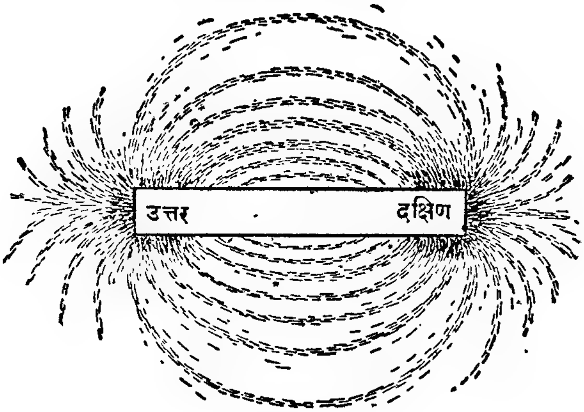
असल्या या विलक्षण प्रकारावरून आईनस्टाइननें जो निष्कर्ष काढला तो तात्त्विक दृष्ट्या फार मोलाचा होता. शास्त्रज्ञ त्याला गुरुत्वाकर्षण व सुस्थता यांच्या समतोलपणांचें तत्व म्हणून ओळखतात. थोडक्यांत सांगावयाचें म्हणजे आकुंचन-प्रसरण असली गति, व गुरुत्वाकर्षणानें उत्पन्न होणारी गति या दोहोंतील फरक दाखविण्यास साधनच नाहीं. या तत्त्वाचें सत्य विमानांतून जाणाऱ्या कोणालाहि उमगून येईल. कारण विमानांत सुस्थता व गुरुत्वाकर्षण या दोन्हींनीं घडून येणाऱ्या क्रियेंत फरक दाखवितां येत नाहीं. प्रचंड वेगानें जात असतां जसें बाहेर ओढल्यासारखें वाटतें तसेंच एकदम दिशा बदलल्यानेंहि वाटतें. दोन्ही वेळां वैमानिक ज्याला गुरुत्वाकर्षण म्हणतात त्याचा त्यांना अनुभव येतो—रक्त हें शीर्षांतून वर ओढलें जातें व देह खुर्चीवर जोरानें खालीं ओढला जातो. यंत्रें बरोबर न घेतां जो वैमानिक आंधळेपणानें उडत असेल त्याच्यावर या समान वाटणाऱ्या अनुभवानें घोर अथवा घातक परिणामहि घडून येईल.

सार्वत्रिक सापेक्षतेची ही जी गुरुकिल्ली तिनेंच गुरुत्वाकर्षण व निरपेक्ष गति या दोहोंतील कूटप्रश्न आइनस्टाइन सोडवूं शकला. त्यावरून असें दिसून आलें कीं विस्कळित अशा गतींत अंतिम असें कांहीं नाहीं. कारण विषम गतीमुळें जें गतितत्व ध्यानांत येतें, मग ती गति आकाशांत एकट्याचीच असेना कां, तें गुरुत्वाकर्षणापेक्षां निराळ्या प्रकारचें आढळत नाहीं. कारण फुगडीच्या खेळांत एकाला जी सुस्थता अथवा बहिर्गामी प्रेरणा व म्हणूनच गतिसूचकता वाटते, त्यालाच दुसरा गुरुत्वाकर्षणाची परिचित अशी ओढ म्हणतो. आणि वेग व दिशा बदलल्यानें सुस्थता जी वाढते तिचा गुरुत्वाकर्षणाच्या बदलत्या क्षेत्रानेंहि तसाच खुलासा होऊं शकेल. त्यामुळें सापेक्षतेचें मूलतत्त्व कायम राहतें. संथ अथवा बदलती गति मोजावयाची ती कशाला तरी धरून. निर्भेळ अशी गति अस्तित्वांतच नाहीं.

निर्भेळ गतीच्या बकासुरावर आइनस्टाईननें गुद्दा हाणला तो गुरुत्वाकर्षणाचा. पण गुरुत्वाकर्षण म्हणजे तरी काय? आइनस्टाइननें मानलेलें गुरुत्वाकर्षण हें न्यूटनच्या गुरुत्वाकर्षणापेक्षां सर्वस्वीं भिन्न. तें शक्ति नाहींच मुळीं. जड वस्तू एकमेकांना आकर्षित करतात ही कल्पना आइनस्टाइनच्या मतें एक भ्रम होय. तो उत्पन्न झाला आहे तो सृष्टीचे व्यवहार हे यांत्रिक पद्धतीचे असतात या चुकीच्या कल्पनेमुळें. जोंवर विश्व हें एक प्रचंड यंत्र आहे असें मानण्यांत येतें तोंवर त्याच्या निरनिराळ्या भागांचा परस्परांवर परिणाम होत असावा हें मानलें जाणें स्वाभाविक आहे. पण सत्याच्या खोलवर गूढांत जसजसें शास्त्र बुडी मारूं लागतें तसतसें विश्व हें यंत्रासारखें नाहीं हें अधिकाधिक स्पष्ट होऊं लागतें. म्हणून आइनस्टाइनच्या गुरुत्वाकर्षणाच्या नियमांत शक्ति म्हणून कांहीं गृहीत धरलेली नाहीं. गुरुत्वाकर्षणाच्या क्षेत्रांत वस्तू कशा वागतात हें ते नियम दाखवून देतात. उदाहरणार्थ, ग्रह हे कोणत्या मार्गावरून जात असतात हें दाखविलें जातें. पण ते आकर्षणाच्या तत्त्वामुळें जातात असें मात्र प्रतिपादलेलें नसतें. आइनस्टाइनच्या मतें गुरुत्वाकर्षण हें सुस्थतेचाच एक भाग होय. तारे व ग्रह यांच्या गति या त्यांच्या अंतर्भूत सुस्थतेवरच अवलंबून असतात. आणि ज्या मार्गानें तारे जात असतात ते मार्ग भोंवतीच्या आकाशावरून ठरले जात असतात—किंवा अधिक योग्य शब्दांत सांगावयाचें म्हणजे स्थलकालसातत्याच्या गणिती गुणाप्रमाणें ठरविले जात असतात.

हें दिसायला चमत्कारिक इतकेंच नव्हे तर विरोधाभासात्मक दिसलें तरी कोट्यवधि मैलांच्या पोकळींतून पदार्थ परस्परावर आकर्षणशक्ति टाकीत असतील ही कल्पना सोडून दिली म्हणजे अगदीं उघड होतें. अंतरावरील आकर्षण ही कल्पना न्यूटनच्या कलापासून शास्त्रज्ञांना बेचैन करीत आलेली आहे. तिनें एक विशिष्ट अडचण उत्पन्न केली ती वीज व लोहचुंबक यांच्या क्षेत्रांत. आज शास्त्रज्ञ असें म्हणत नाहींत कीं लोहचुंबक हा लोखंडाच्या तुकड्याला एक गूढ व दूरस्थ अशा आकर्षणानें ओढीत असतो. ते म्हणतात, लोहचुंबक हा आपल्या भोंवतीं जें वलय निर्माण करतो त्याला चुंबकक्षेत्र असें म्हटलें जातें व तें क्षेत्र लोहावर छाप टाकून एका ठराविक क्षेत्रांत त्याला फिरवितें. विज्ञानाच्या प्राथमिक अभ्यासक्रमांत देखील विद्यार्थ्यांना चुंबककक्षेची माहिती असते. कारण लोहचुंबकाच्या वर कागद ठेवून त्यांत लोखंडाचा भुसा घालून हलविला असतां त्याला जो विशिष्ट आकार येतो तो उठून दिसतो. चुंबकीय क्षेत्र व विद्युत्क्षेत्र हें व्यावहारिक सत्य होय. त्याला एक ठराविक आकार असतो व तो जेम्स क्लार्क

मॅक्स्वेल याच्या ज्या सिद्धांतान्वयें गेल्या शतकांतील विजेच्या व रेडियोच्या अनेक गोष्टींचे शोध लागले त्या क्षेत्रसमीकरण सिद्धांताप्रमाणें ठरत असतो. गुरुत्वाकर्षणाचें क्षेत्र हें विद्युदाकर्षणाच्या क्षेत्राप्रमाणेंच एक वास्तविक सत्य आहे व त्याची घटना ही आल्बर्ट आइनस्टाइनच्या क्षेत्रसमीकरणाप्रमाणें निश्चित केली जाते.



लोहचुंबकाचें क्षेत्र

मॅक्सवेल व फॅरेडे यांनीं जसें गृहीत धरलें होतें कीं लोहचुंबक हा आपणा भोंवतींच्या जागेंत कांहीं विशेष निर्माण करतो. त्याप्रमाणें आइनस्टाइननें निष्कर्ष काढला कीं तारे, चंद्र व आकाशांत फिरणारे गोल हे प्रत्येकजण आपआपल्या भोंवतालच्या वातावरणाचे विशेष ठरवीत असतात. आणि चुंबकीय क्षेत्रांतील लोखंडाच्या तुकड्याची हालचाल ही जशी क्षेत्राच्या घडणीप्रमाणें ठरत असते, तशीच गुरुत्वाकर्षणाच्या क्षेत्रांतील वस्तूची हालचाल ही देखील त्या क्षेत्राच्या भूमितीनें नियमित केली जात असावी. न्यूटन व आइनस्टाइन यांच्या गुरुत्वाकर्षणविषयक कल्पनांतील फरक हा कांहीं वेळां गोट्या खेळणाऱ्या छोट्या मुलाच्या चित्रावरून दाखविला जातो. तेथें जमीन सरळ नसते तर तिला उंचवटे व खळगे असतात. शेजारच्या इमारतींतील दहाव्या मजल्यावरून पाहणाराला रस्त्यावरील हे खांचखळगे दिसत नाहींत. त्याला दिसून येतें तें एवढेंच कीं गोट्या जमिनीचा कांहीं भाग टाळत असून दुसरीकडे उड्या घेत असतात. त्यावरून तो असें अनुमान बांधूं लागतो कीं ज्या अर्थी गोट्या कांहीं भाग टाळतात व कांहींच्याकडे

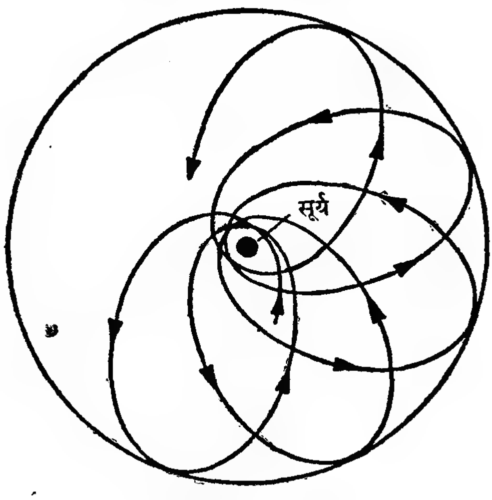
उड्या घेतात त्या अर्थीं गोट्यांना दूर फेकणारी व त्यांना जवळ ओढणारी अशी एक 'शक्तीच' असावी. पण खालच्या रस्त्यावरच्या निरीक्षकाला तत्काल दिसून येतें कीं गोटयांचा मार्ग हा रस्त्याच्या खांचखळग्यांनींच ठरविला जात असतो. या आपल्या कल्पित कथेंत न्यूटन हा वरच्या मजल्यावरचा निरीक्षक असून तो कांहीं 'शक्ति' असल्याची कल्पना लढवितो, तर आइनस्टाइन हा खालच्या जमिनीवरचा निरीक्षक असून त्याला अशी कांहीं 'शक्ति' मानण्याचें कारण दिसत नाहीं. अर्थात् आइनस्टाइनचे गुरुत्वाकर्षणाचे नियम हे फक्त स्थलकाल-सातत्य दाखवीत असतात. यांपैकीं एक नियमसंघ हा आकर्षित पदार्थाचें वजन व भोंवतालच्या आवरणाची मांडणी दाखवीत असतो. त्यांना मांडणीचे नियम म्हणतात. दुसरा नियमसंघ हा गुरुत्वाकर्षणाच्या कक्षेंत फिरणाऱ्यांचे मार्ग दाखवीत असतो. ते गतीचे नियम होत.

आइनस्टाइनची गुरुत्वाकर्षणाची उपपत्ति ही नुसती गणिती कल्पना आहे असें मात्र समजलें जाऊं नये; कारण तिच्यांतील गृहीतकृत्यें हीं विश्वव्यापक महत्त्वाचीं आहेत. त्यांपैकीं एक महत्त्वाचें गृहीत कृत्य हें कीं विश्व सर्वत्र एक-जात नियमबद्ध नाहीं, व त्यांतील घटक हे स्वतंत्र नसून प्रत्येकाला स्वतंत्र असा स्थलकालहि नाहीं. उलट विश्व हें बेडौल पसरलेलें, लवचिक, अस्थिर असून त्याचा घाट केव्हांहि बदलूं शकतो. द्रव्य आणि गति एकत्र आली कीं त्याचें सातत्य डळमळून जातें. पाण्यांत फिरणारा मासा जसे भोंवतालच्या पाण्याला धक्के देत असतो तसेंच तारा, धूमकेतु व आकाशगंगा हे ज्या स्थल-कालांतून जात असतात त्यांची भूमिति बिघडवून टाकीत असतात.

आइनस्टाइनचे गुरुत्वाकर्षणाचे नियम हे खगोलांतील प्रश्नांना लावूं केले असतां त्यांतील निष्कर्ष हे न्यूटनच्या निष्कर्षांच्या अगदीं जवळ येतात. प्रत्येक स्थलीं नियम समांतर दिसूं लागले तर न्यूटनचेच नियम कायम ठेवून आइनस्टाइनची उपपत्ति ही अभिनव असली तरी विक्षिप्त म्हणूनच तिची बोळवण करावी लागेल. पण पुष्कळ नवीन गोष्टी पुढें आल्या आहेत व एक कूट प्रश्न तरी सार्वत्रिक सापेक्षतेच्या उपपत्तीप्रमाणें सोडविला गेला आहे. हा कूट प्रश्न बुध ग्रहाच्या लहरी गतीमुळें उत्पन्न झाला होता.

इतर ग्रह आपल्या कक्षेंत ज्याप्रमाणें नियमितपणें फिरतात त्याप्रमाणें न फिरतां बुध हा ग्रह दरवर्षी थोडा कां होईना, पण आपल्या कक्षेंत बदल करीत असतो. ज्योतिषांनीं या बदलाची उपपत्ति लावण्याच्या अनेक प्रकारें प्रयत्न करून पाहिला; पण न्यूटनच्या सिद्धांताच्या चौकटींत बसेल अशी कोणतीच

उपपत्ति ते मांडूं शकले नाहींत. शेवटीं या कोड्याचा उलगडा झाला तो आइनस्टाइननें गुरुत्वाकर्षणाच्या उपपत्तीचा अधिक विकास केला तेव्हां. सगळ्या ग्रहांत सूर्याच्या अगदीं नजीकचा ग्रह बुध होय. तो आकारानें छोटा पण गतीनें चपळ. पण एवढ्यावरून त्याच्या गतींत फरक कां पडत असावा हें न्यूटनच्या नियमावरून उकलेना. कारण बुधाच्या गतीचे नियम हे मुळांत इतर ग्रहांच्या गतीप्रमाणेंच असावेत. पण आइनस्टाइनच्या नियमाप्रमाणें सूर्याच्या आकर्षण-क्षेत्राची दृढता व बुधाची द्रुततर गति यामुळें हा फरक घडून येत असावा; आणि बुधाच्या भ्रमणाच्या लंबवर्तुळांत ३० लक्ष वर्षांत एक लाटेचा पूर्ण फेरा होत असावा. बुधाच्या भ्रमणाच्या प्रत्यक्ष घेतलेल्या वेधाशीं ही गणना बरोबर जमून येते. अर्थात् प्रकांड गुरुत्वाकर्षण व द्रुतगति यांविषयीं न्यूटननें बसविलेल्या नियमापेक्षां आइनस्टाइनचें गणित अधिक कांटेकोर ठरलें आहे.



बुध कक्षेंत सूक्ष्म बदल

या जुन्या प्रश्नाच्या उत्तरापेक्षांहि अधिक महत्त्वाची अशी आइनस्टाइनची कामगिरी म्हणजे तोंवर कोणत्याहि शास्त्रज्ञाला स्वप्नांत देखील सुचली नाहीं अशी एक सृष्टीच्या व्यापाराची अभिनव कल्पना मांडणें ही होय. ती अभिनव कल्पना म्हणजे गुरुत्वाकर्षणांतून प्रकाशहि सुटत नाहीं ही होय!

१२

आइनस्टाइनला वरील विचारसरणी सुचली तीही एका कल्पनेच्या भरारीनेंच. मागच्या सारखाच येथेंहि देखावा दिसतो. एक पिंजरा सारखा वाढत्या गतीनें वरवर जात असतो व गुरुत्वाकर्षणाच्या क्षेत्रापासून फार दूर असतो. अशा वेळीं आकाशांत भ्रमण करणारा एक बंदुकवाला त्या वरवर जाणाऱ्या पिंजऱ्यावर एकदम गोळी झाडतो. गोळी पिंजऱ्याच्या एका बाजूंतून आंत घुसते व आंतून पार जाऊन दुसऱ्या बाजूच्या पत्र्यांतून पार बाहेर जाते; मात्र जेथून ती जाते तो बिंदु पहिल्या आंत घुसणाऱ्या बिंदूपेक्षां किंचित् थोडा खालीं असतो. असें कां होतें तें बाहेरून गोळी सोडणाराला उघड असतें. न्यूटनच्या सुस्थतेच्या नियमाप्रमाणें गोळी सरळ जात असते, पण दोन पत्र्यांच्या मधून जात असतां तो पिंजरा थोडासा 'वर' जात असतो. यामुळें गोळीनें पाडलेलें दुसरें छिद्र हें पहिल्यापेक्षां थोडें खालीं येतें. पण पिंजऱ्याच्या आंत असणारांना आपण विश्वांत कोठें आहोंत याची कल्पना नसल्यानें ते याचा अर्थ निराळाच लावतात. पृथ्वीवर कोणतेंहि शस्त्र सोडलें असतां तें परवलयाच्या आकृतीनें पृथ्वीवर जात असतें हें माहीत असल्यानें ते अनुमान बांधतात तें एवढेंच कीं आपण गुरुत्वाकर्षणाच्या कक्षेंत असून आपल्या पिंजऱ्यांतून जी गोळी गेली ती नियमाप्रमाणें सरळ पायथ्याकडे गेली.

क्षणभरानें तो पिंजरा आकाशांतून वर जात असतां पिंजऱ्याच्या भोकांतून एक प्रकाशकिरण आंत टाकला जातो. प्रकाशाचा वेग प्रचंड असल्यानें तो किरण क्षणार्धांतच पलीकडच्या बाजूवर आदळतो. पण तेवढ्या वेळांत पिंजरा थोडासा वर जात असल्यानें किरण पण पुढील बाजूवर, अत्यल्पच कां होईना, खालीं पडतो. आंतल्या निरीक्षकांच्या जवळ अत्यंत सूक्ष्म पहाणी करणारीं यंत्रें असलीं तर किरण किती वळला हें त्यांना काढतां येईल. पण प्रश्न असा कीं त्याचा खुलासा ते कसा काय करतील ? आपला पिंजरा गतिमान आहे याची त्यांना अद्यापि

५

जाणीव नसते व आपण गुरुत्वाकर्षणाच्या कक्षेंत आहों अशीच त्यांची समजूत. न्यूटनच्या कल्पनेलाच ते चिकटून राहले तर त्यांचा गोंधळ उडून जईल. कारण ते ठांसून सांगतील कीं प्रकाशकिरण हे नेहमीं सरळ रेषेनेंच जात असतात. पण ते सापेक्षतेच्या विशिष्ट सिद्धातांशीं परिचित असतील तर त्यांना आठवेल कीं

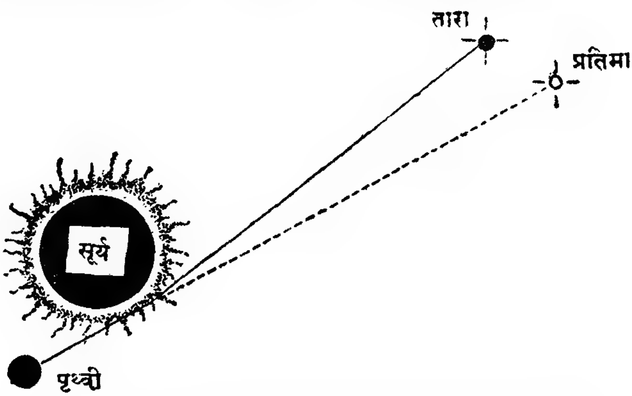
शक्तीला वजन असतें व तें वजन $= \frac{\text{शक्ति}}{\text{प्रकाशवेग}^2}$ या प्रमाणांत असतें.

प्रकाश हा शक्तीचाच एक प्रकार असल्यानें ते अनुमान काढतील कीं प्रकाशालाहि वजन असतें व त्यामुळें गुरुत्वाकर्षणाचा त्यावर परिणाम होत असावा. आणि म्हणूनच प्रकाश थोडा वळलेला असावा.

असल्या तात्त्विक विचारसरणीवरून आइनस्टाइननें सिद्धांत मांडला कीं जड वस्तूच्या आकर्षणक्षेत्रांतून जात असतां इतर वस्तूंप्रमाणें प्रकाश हाहि सरळ न जातां आकर्षिला जात असतो. त्यानें असेंहि सुचविलें कीं या उपपत्तीची यथार्थता अतिदूरताऱ्यावरून सूर्याच्या गुरुत्वाकर्षणाच्या क्षेत्रांतून येणाऱ्या प्रकाशावरून पडताळून पाहतां येईल. तारे दिवसा दिसत नसल्यामुळें या सिद्धांताची कसोटी घ्यावयाची तर ती सूर्यग्रहणाच्या वेळींच घेतां येईल. कारण अशा प्रसंगींच सूर्य व तारे एकत्र पहातां येतील. एतदर्थ आइनस्टाइननें सुचविलें कीं सूर्याच्या अगदीं सन्निध दिसणाऱ्या ताऱ्यांचे सूर्यास ग्रहण लागलें असतां व ग्रहण सुटल्यावर असे दोन वेळां फोटो घेऊन त्यांची तुलना करावी. त्याच्या कल्पनेप्रमाणें दूरच्या ताऱ्यावरून प्रकाश पृथ्वीवर येत असतां सूर्याजवळ तो प्रकाश किंचित् आंत ओढला जात असावा व त्यामुळें पृथ्वीवरून पाहणारांना त्या ताऱ्यांच्या प्रतिमा त्यांच्या मूळच्या स्थानावरून बाहेर ढळलेल्या आढळाव्या. किती ढळलेल्या असाव्यात याचें आइनस्टाइननें गणीतहि केलें व ठरविलें कीं सूर्याच्या अत्यंत निकटच्या तारा ह्या वर्तुळाच्या १·७५ सेकंद एवढ्या ढळत असाव्यात.[१] त्याची सार्वत्रिक सापेक्षतेची उपपत्ति या कसोटीस उतरण्यावरच अवलंबून असल्यानें २९ मे १९१९ रोजीं घडून येणाऱ्या सूर्यग्रहणप्रसंगीं घेतल्या जाणाऱ्या वेधाकडे जगांतील सर्व शास्त्रज्ञ अत्यंत उत्सुकतेनें पाहत होते. त्यावेळीं घेतलेलीं चित्रें जेव्हां पुढें प्रसिद्ध करण्यांत आलीं तेव्हां असें आढळून आलें कीं ताऱ्यांचा प्रकाश सूर्याच्या गुरुत्वाकर्षणानें ढळला तो सुमारें १.६४ सेकंदांइतका म्हणजे वेध घेणाऱ्या यंत्राचा कांटेकोरपणा लक्षांत घेतां आइनस्टाइननें गणितानें काढलेल्या आढाव्याच्या जवळपासच.

१. आकृती व मजकूर पुढील पानावर

सार्वत्रिक सापेक्षतेच्या तत्त्वानुसार आइनस्टाइननें जें दुसरें तत्त्व मांडलें होतें तें कालासंबंधीं. स्थलावर गुरुत्वाकर्षणाचा होणारा परिणाम दाखवून दिल्यावर आइनस्टाइन हा त्याच पद्धतीच्या पण अधिक गूढ अशा विचारसरणीनें अशा सिद्धांतावर आला कीं कालक्षेप हाहि गुरुत्वाकर्षणव्यापृत क्षेत्राप्रमाणें बदलत असतो. घड्याळ जर सूर्यावर नेऊन ठेवलें तर पृथ्वीवरच्या पेक्षां त्याचें आंदोलन किंचित् मंद होईल. आणि सूर्यावरील किरणोत्सर्गी अणु हा पृथ्वीवरल्या त्याच प्रकारच्या अणूपेक्षां किंचित् कमी आंदोलनाचा असेल. या दोहोंतील तरंगांच्या लांबींत फरक असेल तो अगदीं लक्षांत न येण्याइतका क्षुद्र असेल. पण अखिल विश्वांत सूर्यापेक्षां ज्यास्त आकर्षण असणारीं क्षेत्रेंहि आहेत. त्यांपैकीं एक सिरियस या ताऱ्याचा लहरी जोडीदार म्हणून ओळखल्या जाणाऱ्या ताऱ्याभोंवतीं आहे. ही लहरी वामनमूर्ति अशा प्रकांड घनतेच्या द्रव्यांनीं भरलेली आहे कीं तेथील एक इंच घन तुकड्याचें वजन पृथ्वीवर एक टनाइतकें भरेल. या प्रचंड वजनामुळें ही अजब वामनमूर्ति पृथ्वीच्यापेक्षां आकारानें फक्त तिप्पट मोठी असूनहि आपल्या गुरुत्वाकर्षणानें त्याच्यापेक्षां सत्तरपट मोठ्या असणाऱ्या सिरियस ताऱ्याच्या गतींतहि गोंधळ घालूं शकते. शिवाय तिचें आकर्षणक्षेत्र एवढें प्रभावी असतें कीं स्वतःच्या प्रकाशोत्सर्गाची गतिहि लक्षांत येण्याइतकी मंद होते. वर्णपटावरून तर असें दिसून आलें आहे कीं सिरियसच्या जोडीदाराच्या प्रकाशाचें स्पंदन हें तंतोतंत आइनस्टाइननें भविष्य केल्याप्रमाणें मंद होतें. वर्णपटांत या ताऱ्याची स्पंदनाची लांबी जी सरकलेली दिसते तिला ज्योतिषांनीं 'आइनस्टाइन परिणाम' असेंच नांव दिलें असून सार्वत्रिक सापेक्षतेचा तो आणखी एक पुरावा होय.



सूर्याच्या आकर्षणक्षेत्रांत ताऱ्याचा प्रकाश सरळ न जातां तिरपा होतो.

१३

आतांपर्यंत सार्वत्रिक सापेक्षतेच्या कल्पना ह्या व्यक्तिगत गुरुत्वाकर्षणाच्या क्षेत्रांत लावून पाहिल्या. पण विश्व हें अगणित पदार्थांनीं भरलेलें आहे. त्यांत उल्का, चंद्र, धूमकेतु, धूसर तेजोवलयें व कोट्यवधि तारे असून ते गुरुत्वाकर्षित भूमितीच्या तत्त्वान्वयें तारापुंज, तारामेघ, आकाशगंगा व दीर्घाकाशगंगासमूह यांत गोंवलेले आहेत. मग साहजिकच प्रश्न सुचतो कीं ज्या आकाशांत ते फिरत असतात त्या प्रकांड स्थलकालाची व्यापक अशी भूमिति तरी कोणती? साध्या रोजच्या भाषेंत विचारावयाचें तर विश्वाचा आकार व घडण आहेत तरी कशीं? अलीकडे या प्रश्नाला दिलेलीं उत्तरें प्रत्यक्ष वा अप्रत्यक्षपणें सार्वत्रिक सापेक्षतेच्या तत्त्वावरून काढलेलीं असतात.

आइनस्टाइनच्या पूर्वी विश्वाचें चित्र रेखाटण्यांत येई तें असें कीं विश्व हें अनंत आकाशाच्या सागरांतील एक बेट असावें. ही कल्पना सुचण्याला कारणेंहि अनेक होतीं. बहुतेक शास्त्रज्ञांचें असें मत होतें कीं विश्व हें अमर्यादच असावें; कारण स्थलाकार हा कोठें तरी संपत असावा असें मानलें तर पुढील प्रश्न गोंधळवून टाकतो कीं 'मग त्याच्या पलीकडे काय?' तथापि न्यूटनच्या नियमाप्रमाणें विश्व हें अनंत व सर्वत्र सारखें पसरेलेलें मानणें अशक्य होतें. कारण तसें मानलें तर अनंतांत पसरलेल्या सर्व पदार्थांचें आकर्षणहि अनंत होईल. शिवाय मानवाच्या दुर्बल दृष्टीला असें दिसे कीं आकाशगंगेच्या पलीकडील अंतराळांत स्थळांची दीपमाला ही विरल विरल होत असावी. पण विश्व हें बेट मानलें तरी निराळ्याच अडचणी उत्पन्न होतात. आकाश अनंत मानलें तर त्यांत असणारीं हीं बेटें एकंदरीनें इतकीं क्षुद्र ठरतात कीं आकाशगंगांची भ्रमंती लक्षांत घेतां ढग विरल होत होत जसे नाहींसे होतात तसें अनंत आकाश हेंहि कालांतरानें संपूर्ण मोकळें होऊन जाईल.

विश्व हें विरल होत होत नाहींसें व्हावें ही कल्पना आइनस्टाइनला अगदीं असमाधानकारक वाटली. त्याच्या मतें मूळ कोडें उत्पन्न झालें तें माणूस हा स्वाभाविकपणें पण अनधिकृतपणें जें धरून चालतो कीं विश्वाची भूमिति ही देखील आपल्या अनुभवास येणाऱ्या पृथ्वीवरील भूमितीसारखीच असावी त्यामुळें. उदाहरणार्थ, आपण गृहीत धरून चालतों कीं प्रकाशाचे समांतर किरण हे विश्वांतून जात असतां कधींच एकत्र येत नसावेत, कारण युक्लिडच्या भूमितींत आकाश अनंत असल्यानें समांतर रेषा कधींच एकत्र मिळत नाहींत. तसेंच आपली अशी ठाम समजूत असते कीं टेनिस कोर्टावर चेंडू सरळ मारला असतां लवकर पोहोंचत असल्यानें दोन स्थानांतील कमींत कमी अंतर म्हणजे त्यांना जोडणारी सरळ रेषा होय. तथापि रेषा म्हणजे दोन बिंदूंतील सर्वांत आखुडतें अंतर होय हा सिद्धांत युक्लिडला सिद्ध कधींच करतां आला नाहीं. सरळ रेषा म्हणजे दोन बिंदूंमधील कमींत कमी अंतर होय हा सिद्धांत त्यानें ठोकून दिला एवढेंच.

आइनस्टाइन विचारतो कीं तर मग युक्लिडच्या भूमितीप्रमाणें जगाचा आकार मानण्यांत मानवाला त्याची मर्यादित दृष्टि फसवीत तर नाहीं ना? एक काळ असा होता कीं ज्यावेळीं पृथ्वी ही सपाट आहे असें मानण्यांत येई. पण आतां आपण मान्य करतों कीं पृथ्वी गोल असून तिच्या पृष्ठावरील न्यूयॉर्क व लंडन मधील कमींत कमी अंतर हें अटलांटिक महासागर ओलांडून जाणारी सरळ रेषा नसते तर त्या अंतराची रेषा नोव्हास्कोशिया, न्यू फाउंडलंड व आइसलंड अशी उत्तरेकडे झुकलेली असते. पृथ्वीच्या पृष्ठभागापुरतें पाहिलें तरी युक्लिडची भूमिति समर्पक ठरत नाहीं. पृथ्वीच्या प्रकांड धूडावर विषुववृत्तावरील दोन बिंदु व उत्तर ध्रुव यांना जोडणारा अफाट त्रिकोण हा त्रिकोणांच्या कोणांची बेरीज १८० अंश होते ह्या युक्लिडच्या सिद्धांताला उतरणार नाहीं. ती बेरीज १८० अंशांपेक्षां थोडी ज्यास्त भरेल हें पृथ्वीगोलावर नजर टाकतांच लक्षांत येईल. आणि पृथ्वीवर जर कोणी वेटोळें घालणारें प्रकांड वर्तुळ काढील तर त्याला असें आढळून येईल कीं त्या वर्तुळाचा घेर हा त्याच्या मध्यरेषेच्या सर्वमान्य 'पाय'[1] इतका न येतां थोडा कमी भरेल. युक्लिडचा सिद्धांत येथें अपुरा पडतो याचें कारण पृथ्वी हा गोल आहे हें होय. ती गोल आहे हें कोणीच नाकारीत नसलें तरी तें दिसून येण्याला मानव हा पृथ्वीपलीकडे उड्डाण करून गेलेला नव्हता. पृथ्वी गोल आहे हें योग्य गणितानें पृथ्वीवरच्या निरीक्षणा-

१. ग्रीक अक्षर 'पाय' हें $\frac{२२}{७}$ चें प्रतीक मानण्यांत येतें.

वरूनच ठरवितां येतें. त्याचप्रमाणें आकाशांतील गोलांच्या दर्शनानें व त्यावरून निघणाऱ्या अनुमानानें आइनस्टाइननें ठरविलें कीं विश्व हें अनंत नाहीं व युक्लिडनें कल्पिल्याप्रमाणेंहि नाहीं. आजवर तें असें आहे असें बहुतेक शास्त्रज्ञ मानीत असले तरी त्यांनीं कल्पिल्यापेक्षां तें निराळेंच आहे.

गुरुत्वाकर्षणाच्या क्षेत्रांत युक्लिडची भूमिति पुरी पडत नाहीं हें मागें दाखविलेंच आहे. प्रकाशकिरण हे गुरुत्वाकर्षणाच्या क्षेत्रांतून जात असतां सरळ रेषेनें जात नाहींत; कारण त्या क्षेत्राची भूमिति अशी आहे कीं त्यांत सरळ रेषा नसतातच. प्रकाश जें कमींत कमी अंतर तोडील तें वक्र अथवा संपूर्ण वर्तुळ असेल व तें क्षेत्राच्या घडणीवरून ठरलें जाईल. गुरुत्वाकर्षणाच्या क्षेत्राची घडण ही त्याच्या वजन व गति यांनीं ठरत असल्यानें—तारा, चंद्र, अथवा ग्रह अशा सर्वांच्याच बाबतींत तशी ठरत असल्यानें—असें निष्पन्न होतें कीं विश्वाचें भूमितिचक्र हें त्यांतील अखिल जडवस्तूंनीं आकारित होत असावें. कारण जेथें जेथें जडघनता असेल तेथें तेथें स्थलकालालाहि तत्समान मुरड पडत असावी. समुद्रांतील बेटांभोंवतीं जसे भोंवरे उत्पन्न होतात तसे आकाशांतील तारे वा आकाशगंगा ह्याहि आपल्या भोंवतीं स्थलकालाचे अनिश्चित भोंवरे तयार करीत असाव्यात. वस्तूची घनता जितकी अधिक तितकी स्थलकालाची वक्रताहि अधिक. आणि सर्व वस्तूंचा सामुदायिक परिणाम म्हणजे विश्वाचेंच स्थलकाल-सातत्य निर्मित गोलाकार रूप होय. विश्वांतील भिन्न भिन्न आकाराच्या धूडांनीं उत्पन्न केलेल्या बेडौलपणामुळें तें सातत्य विश्वाच्या बंदिस्त गोलाकारांत परत स्वतःकडे वळून येत असतें.

अतएव आइनस्टाइनचें विश्व हें युक्लिडभिन्न व मर्यादित असें आहे. पृथ्वीवर जखडलेल्या माणसाला प्रकाशकिरण हा सरळ रेषेंत जात अनंतांत विलीन होत असावा असें वाटणें स्वाभाविक. पृथ्वीवरच्या कीटकाला सरळ डोळ्यासमोर सतत जात असतां पृथ्वी ही सपाट व अनंत वाटावी तसा प्रकार. पण किड्याच्या पृथ्वीच्या कल्पनेप्रमाणेंच विश्व हें युक्लिडकल्पित भूमिती-प्रमाणें असावें ही मानवी इंद्रियाच्या मर्यादित स्वरूपानें आंखलेली कल्पना होय. आइनस्टाइनच्या विश्वांत सरळ रेषा नसून आहेत तीं सर्व वर्तुळें आहेत. आकाश हें साकार पण अमर्यादित. गणिती त्याची भूमितिपद्धतीनें आकृति काढूं लागला तर ती चतुर्थमापनी गोलाप्रमाणें वठेल. दिवंगत ब्रिटिश शास्त्रज्ञ सर जेम्स जीन्स यांच्या सोप्या भाषेंत चित्र काढावयाचें तर तें पुढीलप्रमाणें येईल :

"सापेक्षतेच्या तत्त्वाप्रमाणें दिसून आलेल्या नव्या विश्वाचें रोजच्या व्यवहारांत आढळणाऱ्या पदार्थांसारखें चित्र काढावयाचें तर तें साबणाचा फुगा व तोहि खडबडीत आकाराचा अशा स्वरूपाचें कांहींसें काढतां येईल. विश्व हें या साबु-फुग्याचा आंतला भाग नसून त्याचा पापुद्रा होय. शिवाय हेंहि कायमचें लक्षांत ठेवलें पाहिजे कीं साबणाच्या फुग्याला दोनच बाजू असतात तर विश्व हें चतुर्भुजी फुगा आहे—स्थलाच्या तीन बाजू व कालाची चवथी. आणि ज्यांतून हा फुगा फुगविलेला असतो तो पदार्थ म्हणजे पोकळ निर्वात स्थल व काल होय."

अर्वाचीन शास्त्रज्ञांच्या पुष्कळशा कल्पनांप्रमाणें आइनस्टाइनची मर्यादित विश्वगोलाची कल्पनाहि मूर्तिमंत डोळ्यापुढें उभी करतां येत नाहीं. जशी फोटान व इलेक्ट्रॉन यांची येत नाहीं तशीच. पण फोटान व इलेक्ट्रॉन सारखेच येथेंहि त्याचीं वैशिष्ट्यें फक्त गणिताच्या भाषेंतच सांगतां येतील. अर्वाचीन खगोल शास्त्राचें भरपूर साहाय्य घेऊन आईनस्टाइनच्या क्षेत्रसमीकरणास तें लावलें तर विश्वाच्या आकाराचें गणित करणें शक्य ठरेल. पण विश्वाची त्रिज्या ठरवितांना प्रथम विश्व गोलाकार आहे हें निश्चित केलें पाहिजे. आइनस्टाइननें दाखवून दिल्याप्रमाणें या विश्वाची भूमिति अथवा त्याची गोलाकृति ही त्याच्या अंतर्गत द्रव्यावरूनच ठरत असल्यानें विश्वगोलाचा प्रश्न सोडवावयाचा तर विश्वांतील द्रव्याची सामान्य घनता किती आहे यावरूनच ठरवावा लागेल.

सुदैवानें ही घनता ज्ञात आहे. कारण विल्सन पर्वतावरील वेधशाळेचा निरीक्षक एड्विन हबल यानें आकाशाच्या कांहीं भागाचा वर्षानुवर्षे कसून अभ्यास करून त्या भागांतील पदार्थांची सरासरी काढलेली आहे. त्यानें निष्कर्ष काढला आहे तो असा कीं अखंड विश्व घेतलें तर त्यांतील प्रत्येक घन सेंटिमीटर जागेंतील जड पदार्थ फक्त ·००० ——— १ ग्रॅम (२९ शून्यें) एवढा असावा. आइनस्टाइनच्या क्षेत्रसमीकरणाला ही संख्या लावली तर विश्वाच्या गोलाकाराचें चित्र स्पष्ट होतें; इतकेंच नव्हे तर हेंहि चक्क दिसून येतें कीं विश्वाची त्रिज्या ही ३५ लक्ष कोटी प्रकाश वर्षां इतकी अथवा २१० वर २१ शून्यें इतकी भरते. आइनस्टाइनचें विश्व हें अनंत नसलें तरी एवढें प्रकांड आहे कीं ज्यांत कोट्यवधी ज्वलंत तारका, अमाप विरल वायू, थंड लोखंड व फत्तरांची अजस्र अवजारें, विश्वव्यापी धूळ, यांना घेऊन फिरणाऱ्या कोट्यवधि आकाशगंगा आहेत. एखादा सूर्यकिरण विश्वांतून फेरी मारूं लागला तर त्या विश्वगोलाचें वर्तुळ संपविण्यास त्याला सेकंदाला १८६००० मैल या वेगानेंहि आपल्या पृथ्वीवरच्या कालमानानें २०० लक्ष कोटी वर्षांपेक्षाहि किंचित् अधिक काल लागेल.

१४

विश्वाचें गूढ उकलण्यांत जेव्हां आइनस्टाइन गढून गेलेला होता तेव्हां दुसऱ्या एका गूढाची, कीं जें पुढें पुष्कळ वर्षांनीं सोडविलें गेलें, त्याची त्याला कल्पनाहि नव्हती. तो गृहीत धरून चालला होता कीं ताऱ्यांचें, आकाशगंगांचें भ्रमण हें, वायूंतील कणाप्रमाणें अनिश्चित, स्वैर असें असावें. त्यांच्या भ्रमणांत कांहीं सुसूत्रता दिसून न आल्यानें त्यानें त्यांच्याकडे दुर्लक्ष केलें व विश्व हें स्थिर आहे असें गृहीत धरलें. पण दुर्बिणींतून पाहतांना दृष्टीच्या झेपेच्या अति दूर अंतराळांत असलेल्या ज्या आकाशगंगा त्यांनाहि सुसंघटित गति आहे, हें ज्योतिषांच्या लक्षांत येऊं लागलें होतें. त्या अतिदूरच्या आकाशगंगा अथवा 'विश्वद्वीपें' या दिसतात तरी आपल्या सूर्यमालेपासून व एकमेकांपासून दूर दौडत असलेल्या. त्यांच्यांतील अतिदूरची गंगा अदमासें ५० कोटी प्रकाश वर्षांइतकी दूर असून ती व इतर तिच्या बहिणी या सर्वत्र आपल्या सूर्यमालेपासून पद्धतशीरपणें दूर दौडत आहेत. हा प्रकार आपणाला परिचित असलेल्या गुरुत्वाकर्षित व संथ अशा भ्रमंतीपेक्षां अगदींच निराळा आहे. कारण असें जर पद्धतशीर भ्रमण चालू असेल तर त्याचा विश्वाच्या आकारावरहि परिणाम होत असला पाहिजे.

अतएव विश्व हें स्थायी नव्हे. साबणाचा फुगा किंवा कापडाचा फुगा फुगत जावा तसेंच तें विशाल होत असावें. हें रूपक अक्षरशः घ्यावयाचें नाहीं. कारण विश्वाचे अनेक भाग हे फुग्याच्या वरील ठिपक्यासारखे आहेत असें म्हटलें तर फुगा फुगत असतां ठिपके फुगतात तसे विश्वांतील जड भाग हेहि फुगत असावे असें होईल. पण हें शक्य नाहीं. कां ? तर असें होत असेल तर तें आपल्या लक्षांत येणार नाहीं. अद्भुत विश्वांतील अलिसचें सर्वत्र विश्व आंकसत अथवा विकसत असेल तर स्वतःच्यांत घडून येणारे फरक लक्षांत येणार नाहींत. एतदर्थ कॅलिफोर्नियातील यंत्रकलासंस्थेंतील विश्वाभ्यासक एच्. पी. रॉबर्टसन यानें

दाखवून दिल्याप्रमाणें विश्व हें ठिपके असलेला फुगा आहे अशी कल्पना करतांना ते ठिपके त्या फुग्यावर शिवून काटेकोर केलेले आहेत असें समजलें पाहिजे. जड धूडांच्या मध्यंतरील अवकाश वाढला असला तरी फुग्यावरील शिवलेल्या ठिपक्याप्रमाणें तीं धूडें आपला आकार कायम ठेवतात.

या अद्भुत चमत्कारानें विश्वाचें गूढ तर अधिकच गुंतागुंतीचें होऊन बसतें. वर्णपटावरून दूरच्या आकाशगंगा ह्या अतिदूर दौडत चालल्या आहेत असें जे बहुसंख्य ज्योतिषी आज मानीत आहेत तें खरें असेल तर ज्या वेगानें त्या अदृश्यांत दौडत आहेत त्या वेगाची कल्पनाहि करतां येणार नाहीं. अंतराबरोबर त्यांचा वेग वाढत चाललेला दिसतो. त्यांतल्या त्यांत नजीकच्या आकाशगंगा म्हणजे दशलक्ष प्रकाशवर्षांच्या अंतरावरच्या. ह्याहि सेकंदाला १०० मैलांपेक्षां ज्यास्त दौडत असून २५ कोटी प्रकाशवर्षांपलीकडील तर सेकंदाला २५ हजार मैल इतक्या प्रकांड वेगानें धांवत असाव्यात. म्हणजे त्यांचा वेग प्रकाशाच्या वेगाच्या १/७ इतका. ह्या सर्वत्र अतिदूरच्या आकाशगंगा एकजात परस्परापासून व आपणापासून दूर दौडत असल्यानें सृष्टीच्या कोणत्या तरी कालखंडांत त्या सर्व एकत्र गुंफलेल्या असून प्रकांड उष्णतेनें जळत असाव्यात. आणि विश्वाची भूमिति ही जर त्यांतील जड वस्तूंनीं आकार धरीत असेल तर आकाशगंगा जन्मास येण्यापूर्वींच्या कालीं विश्व ही कसेंतरी एकत्र कोंबून जोडलेली पोतडी असावी कीं ज्यांत अकलनीय वजनांचीं धुंडें कशींबशीं वेडींवाकडीं कोंबून बसविलीं असावींत. दूर दूर जाणाऱ्या आकाशगंगांच्या गतीवरून गणित केलें तर त्या मूल आकुंचित केंद्रांपासून सुटून धावत्या झाल्या तो काल सुमारें पांच लक्ष कोटी इतका प्राचीन असावा.

या फुगत चाललेल्या विश्वाचें कोडें उलगडण्याकरितां ज्योतिषांनीं अनेक उपपत्ति दाखल केल्या आहेत. बेल्जम देशांतील विश्वाभ्यासक अबे लेमैत्रे यानें असें सुचविलें आहे कीं विश्व हें एका मूलभूत प्रकांड अणूच्या स्फोटांतून निर्माण झालें असावें व म्हणूनच त्याचा व्याप वाढत चाललेला आपणास दिसत आहे. अशाच प्रकारची दुसरी एक उपपत्ति जॉर्ज वॉशिंग्टनच्या विद्यापीठांतील डॉ. जॉर्ज गमौ यांनीं मांडून विश्वाचा विकास होण्याच्या पूर्वीं त्यांतील जड धूडांत सर्व पदार्थ एकत्र कसे कोंबलेले असावेत याचें तपशीलवार चित्र रेखाटलें आहे. डॉ. गमौ सांगतो कीं प्रारंभीं विश्वाचा गाभा हा आज ताऱ्यांच्या अंतरंगींही नसेल इतक्या प्रकांड उष्णतेनें प्रज्वलित असणारा फवारा असावा. (सूर्य हा

सामान्य तारा असून त्याची बाहेरील व आंतील गर्भांतील उष्णता ही ५५०० सेंटीग्रेट पासून ४ कोटी सेंटीग्रेड पर्यंत चढत असते.) अशा प्रकांड उष्णतेंत पदार्थ अशक्य, व्यूहाणु अशक्य, इतकेंच काय पण अणुही अशक्य. जें कांहीं असेल तें म्हणजे भटके न्यूट्रॉन व तशाच तऱ्हेचे मोकाट सुटलेले अणुगर्भांतील कण असावेत. विश्वाचा आकार फुगूं लागला म्हणजे मात्र तपमान खालीं येऊं लागतें. जेव्हां तें लक्ष कोटी इतकें खालीं आलेलें असतें तेव्हां न्यूट्रॉन व प्रोटॉन संघटित होतात, इलेक्ट्रॉन दूर टाकले जातात, पण भोंवतीं फिरत असतात व अणु तयार होत असतात. विश्वाच्या प्रभात कालीं केव्हांतरी अशाच अघटित संघटनेनें क्षणार्धांत विश्वांतील अणूंची निर्मिती झाली व पांच लक्ष कोटी वर्षे चालणारा विकास निश्चित झाला.

याच्या आधीं कांहीं वर्षे कॅलिफोर्नियांतील यंत्रकलासंस्थेंतील डॉ. आर. सी. टॉलमन यानें एक उपपत्ति मांडली होती. ती अशी कीं विश्वविकास ही एक तात्कालिक घटना असून पुढें केव्हांतरी विश्वाच्या अतिदूर कालांत विश्वाचें आकुंचनहि होईल. या चित्रांतील विश्व हा एक स्पंदमय फुगा असून त्याचा विकास आणि संकोच हा चक्रनेमिक्रमेण अनंत काल चालू असावा. हे फेरे त्या त्याच्या विश्वामधील द्रव्याच्या मापानें नियमित केले जात असतात. कारण आइनस्टाइननें दाखवून दिल्याप्रमाणें विश्वाचा आकार हा त्यांतील जडद्रव्यावर अवलंबून असतो. या उपपत्तींतील अडचण अशी कीं जडद्रव्य हें विश्वांत कोठेंतरी तयार होत असतें हें गृहीत धरावें लागतें. विश्वांतील द्रव्याचा सांठा सतत बदलत असला तरी हा बदल विसर्जनाकडेच जात असतो. सृष्टींतील सर्वच व्यापार, दृश्य व अदृश्य, अणुगर्भांतर्गत व बाह्य आकाशगत असें दर्शवितात कीं विश्वांतील द्रव्य व शक्ति हीं वाफ उडून जावी तशीं विरल होत चाललीं आहेत. सूर्य हा संथपणें कां होईना, पण निश्चितपणें जळून जात आहे, तारा या निखाऱ्यासारख्या कोळपत आहेत, विश्वांत सर्वत्रच गरमीची थंडी होत चालली आहे, द्रव्याचें प्रकाशकिरणांत विसर्जन होत आहे आणि शक्ति आकाशाच्या पोकळींत फुकट फेकली जात आहे!

एकूण विश्व हें या पद्धतीनें शेवटच्या 'उष्णतामरणाकडे' जात आहे, किंवा पारिभाषिक भाषेंत सांगावयाचें तर उष्णतारूपांतराचें[1] अंतिम शून्य टोक गाठीत आहे. कोट्यवधि वर्षांनीं विश्व जेव्हां या अवस्थेला पोहोंचेल तेव्हां विश्वाचा

१. Entropy

व्यापारच बंद पडेल. सर्वत्र तपमान सारखेंच होईल. कोणत्याहि शक्तीला वेठीस धरतां येणार नाहीं. कारण ती सर्व विश्वभर सारखी पसरलेली असेल. प्रकाशहि राहणार नाहीं, जीवनहि नाहीं कीं उष्णताहि नाहीं. तर सर्वत्र शाश्वत अपरिवर्तनीय अशी स्तब्धता माजेल. कालहि संपुष्टांत येईल. कारण रूपांतर वा परिवर्तन हेंच कालाची दिशा दाखवीत असतें. रूपांतरावरूनच विस्कळितपणा दिसून येत असतो. विश्वांतील सर्वच संघटना व शिस्त जेव्हां अन्तर्धान पावलीं असतील, विस्कळितपणानें जेव्हां उच्चांक गांठलेला असेल व रूपांतरानें हद्द गांठली असेल, जेव्हां कार्यकारणपरंपरा उरलीच नसेल, थोडक्यांत म्हणजे विश्व जेव्हां थंड पडलें असेल तेव्हां कालाला दिशाच न उरल्यानें कालहि नाहींसा होईल. आणि हें सर्व टाळण्याचा उपायहि नाहीं. कारण उष्णता व्यापाराचा[१] दुसरा नियम म्हणून जो ओळखला जातो व शास्त्राच्या विकासांतहि जो अढळ स्तंभ म्हणून उभा आहे तो निर्वाणीचा आदेश देतो कीं सृष्टीच्या व्यवहारांत उलट अशी कधींच नसते.

पण आजचे कांहीं शास्त्रज्ञ मात्र असें सुचवितात कीं कसें तरी कोठें तरी मानवाला आकलन होण्याच्या पलीकडील स्थळीं विश्व पुन्हां संकलित होत असावें.

आइनस्टाइनचें तत्त्व असें कीं वजन आणि शक्ति हीं समतोल असतात. त्यान्वयें अशी कल्पना करतां येण्यासारखी आहे कीं विश्वांत कोठें तरी विकीर्ण होत जाणारा किरणोत्सर्ग हा पुन्हा संकलित होऊन त्यांतून प्रोटान, न्यूट्रॉन, इलेक्ट्रॉन व त्यांच्या संघटनेंतून अधिक भरीव द्रव्य, व त्या द्रव्याचेंहि आकर्षण होत असतां विरल प्रकाशमेघ, तारे व शेवटीं आकाशगंगांचीं प्रथकें तयार होत असावींत. आणि या तऱ्हेनें विश्वाचें आयुष्यचक्र हें अनंतकाल फिरत असावें. प्रयोगशाळेंतील प्रयोगांनीं आज असें दाखवून दिलें आहेच कीं अतितीव्र अशा किरणोत्सर्गांत, उदाहरणार्थ गामा किरणांच्या प्रसारांत ते किरण प्रसारत असतां पदार्थांवर आदळून त्यांतून इलेक्ट्रॉन व पॉझिट्रॉन यांच्या जोडगोळ्या बाहेर हुसकीत असतात. अलीकडे ज्योतिर्विदांनींहि असा निष्कर्ष काढला आहे कीं हायड्रोजन, हेलियम, ऑक्सिजन, नायट्रोजन व कार्बन यांसारख्या हलक्या तत्त्वाचे अणु हे आकाशाच्या पोकळींतून जात असतां हळूहळूं एकत्र मिसळून अतिसूक्ष्म असे वायूचे व धुळीचे कण बनत असावेत. आणि अगदीं अलीकडे तर हार्वर्डचे डॉ. फ्रेड एल. व्हिचल यांनीं १९४८ मध्यें प्रकाशित केलेल्या आपल्या 'धूलिकण

१. Law of Thermodynamix.

प्रमेय''[१] यामध्यें दाखवून दिलें आहे कीं विश्वभर पसरलेले अतिसूक्ष्म धूलिकण हे तारांच्या मधल्या मधल्या पोकळींतून फिरत असतां अब्ज खर्वादि वर्षांनीं स्वतः संघटित संकुचित होऊन तारेच बनतील. व्हिपलच्या मतें हे क्षुद्रकण, अमर्दी इंचाच्या अर्धालाख तुकड्या इतके क्षुद्रकण, हेहि तारांच्या सूक्ष्म वजनानें एकत्र उडविले जात असावेत. कसे, तर धूमकेतूची अतिसूक्ष्म पिंजलेली शेपटी ज्याप्रमाणें सूर्यांतील फोटानच्या आघातानें परावर्तित केली जाते तसे. सूक्ष्मकण जसजसे एकत्र येत जातात तसतसा त्यांचा प्रथम संघ, नंतर छोटें ढगाळ व शेवटीं बडा ढग बनतो. हा ढग जेव्हा प्रचंड आकार धारण करतो (म्हणजे जेव्हां त्याचा व्यास हा सहा दशलक्ष दशलक्ष दशलक्ष या पलीकडे दीर्घ होतो) तेव्हा त्याचें वजन व घनता ही एक नवीन पार्थिव संघटना करण्यास समर्थ होतात. गुरुत्वाकर्षणानें हा ढग आंकसूं लागेल आणि या आंकसण्यानें आंतील दाब वाढत जाईल व उष्णता चढत जाईल. शेवटीं अतितप्तावस्थेंत आंकसत असतां त्याचा तारा बनून तो प्रकाशूं लागेल. या उपपत्ती-प्रमाणें आपली सूर्यमाला ही कांहीं विशिष्ट परिस्थितींत, अशीच विकसित झाली असेल व त्यामध्यें सूर्य हा प्रमुख तारा असून इतर ग्रह हे असेच मुख्य प्रकाशमेघांतील दुय्यम ढगांचे आंकसून बनलेले असावेत.

असे कांहीं प्रकार घडले असावेत असें गृहीत धरलें तर त्यावरून कोणीही शेवटीं अशा कल्पनेवर येईल कीं विश्व हें स्वयंचलित असून तें संघटनविघटन, प्रकाशांधःकार, सुस्थितिदुःस्थिति, उष्णताशीतता, विस्तरसंकोच यांच्या फेऱ्या अनंत काल मारीत राहील. तारकांच्या मधल्या आकाशांतील पोकळींत विविध धूडाचे व जाड्याचे अनेक मेघ दिसून येत असले तरी मानवाच्या अल्पकालीन परीक्षणावरून पृथ्वीवरील निळ्या आकाशांत जमणारे पांढरे ढग पाहून ते दुसऱ्या दिवशीं पडणारी मेघवृष्टि दर्शवितात कीं केवळ वाऱ्यांनीं एकत्र आलेले व लवकरच विरून जाणारें धुकें असतें हें जसें त्याला निश्चितपणें सांगतां येत नाहीं तसेंच तारकांच्या मधील धूसर देखाव्यानें तेथें पुढे त्यांचे तारे बनणार आहेत कीं नाहींत हेंहि सांगतां येणार नाहीं. पण सूर्यमाला अथवा तारका या मुळांत कशा घडून आल्या असाव्यात याविषयीं कांहीं तर्क लढविले तरी आजहि विश्वाची घडण घडत आहे हें गृहीत धरून चालण्यांत तात्त्विक व व्यावहारिक अशा अनेक अडचणी आहेत. विश्वांतील जड भाग जो आहे तो सर्वत्र नवनवोत्पत्तिसमर्थ आहे असें

१. Dust cloud hypothesis

ठामपणें ठोकून देणें कठीण आहे. उदाहरणार्थ, एकेकाळीं असें मानण्यांत येई कीं दूरवरून येऊन पृथ्वीवर भडिमार करणारे जे विश्वकिरण ते अणुनिर्मितीचेंच एक अपत्य असावें. पण अधिक पुरावा आहे तो अणुविघटनांतून हे विश्वकिरण पसरत असावेत अशा प्रकारचा आहे. आज सृष्टींत दिसून येणाऱ्या व त्यावरून अनुमानानें बसविलेल्या तर्कांप्रमाणें सुचतें तें असें कीं विश्व हें निश्चितपणें अंधःकार आणि विनाश यांकडे अविरत झुकत चाललें आहे.

यावरून सुचणारा एक विचार तत्त्वज्ञानाच्या दृष्टीनें महत्त्वाचा असा आहे. कारण विश्वाचें जर विघटनच सतत होत असेल व त्याच दिशेनें सृष्टीचे व्यापार चालू असतील तर त्यावरून एक अटळ असें अनुमान निष्पन्न होतें कीं विश्वाला कोठेंतरी प्रारंभ असावा, केव्हां तरी कोठें तरी विश्वव्यापार सुरू झाले असावेत, तारांगणांत ज्वाला पेटविली गेली असावी व विश्वाचा अफाट पसारा अस्तित्वांत आला असावा. विज्ञानाला विश्वाच्या अंतरंगाच्या व बाह्य पसाऱ्याच्या सीमांवर जें थोडें सूचक असें आढळून आलें आहे त्यावरून विश्वाची उत्पत्ति कोणत्या तरी निश्चित काळीं घडून आली असावी असें सूचित केलें जात आहे. युरेनियमचें जें सतत व नियमबद्ध असें विघटन चालू आहे व तें घडून येण्यास कोणतेंहि कारण दिसून आलेलें नाहीं त्यावरून असें दिसतें कीं पृथ्वीवरील सर्व युरेनियम हे केव्हांतरी विशिष्ट कालीं अस्तित्वांत आलें असावें आणि तो काल भूगर्भशास्त्रज्ञांच्या कसोशीनें केलेल्या गणिताप्रमाणें चार ते पांच लक्षकोटी वर्षांइतका प्राचीन असावा. आकाशांतील ताऱ्यांत जडद्रव्याचें विघटन होत असतां जो प्रकाश बाहेर फेकला जात आहे त्यावरून ज्योतिर्विदांनीं तारकांचें वयोमानहि अंदाजानें काढलें आहे. तेंहि पांच लक्ष कोटी इतकेंच भरतें. अशा रीतीनें भूगर्भशास्त्रज्ञ व आकाशांतील तारांचे अभ्यासक या दोघानीं बसविलेली विश्वविकासाची कालगणना ही आकाशगंगांच्या दूरगामी गतीवरून विश्वाच्या अभ्यासकांनीं बसविलेल्या कालाप्रमाणेंच पांच लक्ष कोटी वर्षें एवढीच येते. आणि विज्ञानाच्या इतर क्षेत्रांतहि या संख्येला पोषक अशींच लक्षणें आढळून येतात. यावरून विश्वाचा केव्हां ना केव्हां तरी अंत होणार हें ज्या लक्षणांवरून दिसून येतें त्यांच्यावरूनच विश्वाची उत्पत्ति केव्हांतरी निश्चित झाली असावी असेंहि दिसून येतें.

विश्व हें चिरंतन स्पंदमान होत आहे ही उपपत्ति गृहीत धरली तरी आणि विश्वांत सूर्य, पृथ्वी व प्रचंड तारे हे तारतम्यानें अलीकडच्या कालीं निर्माण झाले असें मानलें तरी मूळ सुरुवात कशी झाली असावी हें कोडें शिल्लकच

राहतें. फक्त होतें तें एवढेंच कीं या उपपत्तीप्रमाणें विश्वाची उत्पत्ति ही अनादिकाल मागें ढकलली जाते. कारण शास्त्रज्ञांनीं गणिताधारें आकाशगंगा, तारा, ताराधूलिका, अणु व अणूंचे अन्तर्गत घटक यांच्या उत्पत्तीचें गणित बसविलें असलें तरी तें सर्व मुळांत कांहीं तरी होतें हें गृहीत धरूनच. मग तें विलग असे न्यूट्रॉन असोत, शक्ति असो, कण असोत अथवा विश्वाचें मूलतत्त्व म्हणून कांहीं अज्ञेय असें तत्त्व असो.

(१) डॉ. अल्बर्ट आइनस्टाइन.

(२) यॉर्क वेधशाळेंतील १० इंच दुर्बिणीनें दिसणारें दृश्य: चमकदार ताऱ्यांनीं आकाशाला गवसणी घालणारी आकाशगंगा हा एक सूर्य, तारे, तारापुंज यांचा समुदाय असून त्यांतूनच आपले नजीकचे तारे भटकत असतात. आपला सूर्य हा विश्वाच्या केंद्रस्थानीं तर नाहींच, पण आपल्या आकाशगंगेच्या मध्यभागींही नाहीं; तर गंगेच्या मध्यापासून चांगला ३० हजार प्रकाशवर्षांइतका दूरवर आहे. तारकांच्या छप्परांत मध्यें मध्यें काळे प्रदेश दिसतात ते अपारदर्शक धूळीचे ढग असतात. ते काय सुचवितात याची पुस्तकाच्या पृष्ट ४४–४५ वर चर्चा केली आहे.

(३) आंद्रोमीडा नांवांची आकाशगंगा ही आपल्या आकाशगंगेसारख्याच मांडणीची पण प्रचंड आकाराची आहे. आंद्रोमीडा या तारकापुंजामध्यें ती साध्या डोळ्यांनींहि अंधुक चमकणारी दिसत असली तरी ७ लाख प्रकाशवर्षें दूर आहे. तथापि अथांग आकाशांतील हें आपणाला सर्वांत नजीकचें असें विश्वबेट होय. त्याचा व्यास (Diameter) हा ६० हजार प्रकाशवर्षांइतका आहे. या आकाशगंगेवरून पाहणाराला आपली आकाशगंगा जवळ जवळ अशीच दिसेल. तिच्या आसपासचे प्रकाशमेघ हे आंद्रोमीडा चक्र, आपली आकाशगंगा व मॅजिलॅनिक मेघ यांच्या समंतांत फिरणाऱ्या समूहाचे भागिदार आहेत.

१५

विश्वाच्या व्यापाराचा विचार करणारे शास्त्रज्ञ हे विश्वाच्या उत्पत्तीविषयीं सामान्यतः स्वतः मौन स्वीकारून तो प्रश्न तत्त्वज्ञ व धर्मज्ञ यांचेकडे सोपवितात. पण आजच्या शास्त्रज्ञांपैकीं जे केवळ प्रयोगवादी आहेत तेच तेवढे सृष्टीच्या मुळाशीं असलेल्या गूढाकडे पाठ फिरवितात. आइनस्टाइनच्या तत्त्वज्ञानावर तें जडवादी आहे असा शेरा मारला असतां तो एकदां उद्गारला :

"परम गूढ व परम आकर्षक अशा भावनेचा आपणास कोठें अनुभव येत असेल तर तो गूढत्वाच्या जाणिवेंत. सत्यान्वेषी अशा सर्व शास्त्रांचा तोच बीजांकुर होय. ही भावना ज्याला सर्वस्वी परकी आहे व जो 'आश्चर्यवत् पश्यति' होत्साता तिच्यांत रंगून गढून जात नाहीं तो मृतासारखाच होय. आपणाला ज्याचा थांग लागत नाहीं तें मुळांत नसतेंच असें नाहीं, किंबहुना तेंच अंतिम रमणीय गूढ असतें. फक्त आपल्या मंदबुद्धीला त्याचें अगदीं प्राथमिक ढोबळ स्वरूपच काय तें उमगूं शकतें. आणि हें ज्ञान व ही भावना ह्याच धार्मिक वृत्तीच्या बुडाशीं असतात."

दुसऱ्या एका प्रसंगीं त्यानें स्पष्ट केलें कीं "विश्वाचें धार्मिक गूढ हीच शास्त्रीय शोधक बुद्धीच्या मुळाशीं असलेली अत्यंत प्रबल आणि भव्योदात्त अशी भावना होय." विश्वाच्या गूढत्वाविषयीं, त्यांतील प्रकांड प्रेरक शक्तीविषयीं व त्यांतील तार्किकत्व व सुसंवादित्व यांच्याविषयीं उल्लेख करतांना बहुतेक शास्त्रज्ञ हे ईश्वर हा शब्द शक्य तों टाळीत असतात. पण आइनस्टाइनला कांहीं लोक अनीश्वरवादी म्हणत असले तरी तो स्वतः मात्र अशा दडपणापासून दूर आहे. तो म्हणतो, "माझा धर्म हा आपल्या दुर्बल मनाला ज्याचें पुसट ओझरतें आकलन होत असतें त्या सृष्टीच्या बुडाशीं असलेल्या चिरंतन अशा श्रेष्ठ तत्त्वावर अधिष्ठित आहे. आपणांस अंतर्यामीं जें वाटत असतें कीं सृष्टीच्या मुळाशीं एक श्रेष्ठ

अशी बुद्धिवती शक्ति असावी, व जी विश्वाच्या अमर्याद पसाऱ्यांत आपणास दिसून येत असते, ती शक्ति हीच माझी ईश्वराविषयींची कल्पना होय."

विज्ञानाच्या क्षेत्रापुरतें पाहिलें तर वस्तुतत्त्वाच्या मूल गाभ्याकडे नेण्याचें आश्वासन देणारे सध्यां दोन मार्ग दिसतात. एक म्हणजे कॅलिफोर्नियांतील पाल्मोर पर्वतावर उभारलेली व गेल्या पिढीपर्यंत कल्पनाहि करतां येत नसे अशा स्थल-कालाच्या गूढ गुहेंत डोकावणारी नवी दूरनेत्री दुर्बीण होय. अगदीं परवांपर्यंत दुर्बिणीची अतिदूरवर झेंप जात असे ती ५० कोटी प्रकाशवर्ष दूर असलेल्या व अंधुक अंधुक होत दूर दौडत जाणाऱ्या आकाशगंगांच्या पर्यंत. पण पालमोर येथील २०० इंची व्यासाची दुर्बीण ही आतां दुप्पट पल्ला गाठूं लागली असून पूर्वी ज्ञात झालेल्या प्रांताच्या पलीकडे डोकावूं लागली आहे. आतांच तिच्यांतून आकाशाचे सुसंगत असे सागरच्या सागर व नवनवीन आकाशगंगांचे अगणित तांडेच्या तांडे दिसून आले आहेत. त्यांचा प्रकाश जो आपल्याकडे यावयास धोंघावत निघाला त्यास आपल्या पृथ्वीच्या कालगणनेनें लक्षकोटी वर्षें होऊन गेलीं असावींत. पण तिच्यांतून इतर अनेक गोष्टीहि उघडकीस येतील. जडसृष्टीच्या घनतेंतील फेरफार दिसून येतील. अथवा विश्वाच्या आकाराचें वर्तुळत्व दिसूं लागेल कीं त्या वर्तुळाचें क्षेत्रमापन करून ज्या प्रकांड विश्वांत आपण मानव हे एक क्षुद्र कण म्हणून वावरतों त्या विश्वाच्या आकाराचें अचूक असें मोजमाप काढतां येईल.

या ज्ञानप्रदेशाच्या मार्गावरील दुसरें दालन जें उघडलें जाईल तें ज्या तत्त्वाच्या चिंतनावर आइनस्टाइननें पाव शतक परिश्रम घेतले त्या सुसंघटित क्षेत्रतत्त्वाचा अधिकाधिक विकास होत जाईल हें होय. आज विश्वाच्या बाह्य आकाराच्या मानवज्ञात सीमा या सापेक्षतेच्या व्याख्येनें, व आंतर सूक्ष्मतेच्या मर्यादा या कणवादी तत्त्वाच्या व्याख्येनें मर्यादित अशा आहेत. आजच्या आपल्या स्थल, काल, गुरुत्वाकर्षण यांच्या व अतिदूरच्या अतिप्रकांड आकाराच्या वास्तवाविषयींच्या कल्पना ह्या सापेक्षेच्या तत्त्वानुरूप आंखलेल्या आहेत. अणु, द्रव्य व शक्ति यांचीं मूलगामी तत्वें, व आकलण्याला अतिसूक्ष्म व अति-तरल अशा वस्तूंच्या आपल्या सर्व कल्पना कणवादानें आंखलेल्या आहेत. तथापि शास्त्रज्ञांनीं कल्पिलेलीं हीं दोन क्षेत्रें ही परस्पराशीं पूर्णपणें असंबद्ध अशा तत्त्वांवर उभारलेलीं आहेत. जणू कांहीं तीं एका भाषेंत बोलतच नाहींत. सुसंघटित क्षेत्राच्या उपपत्तीचें प्रयोजन हें या दोहोंचा सांधा जोडण्याचें आहे. आइनस्टाइन याचा विश्व हें एकसंघ व सुसंगत असावें यावर विश्वास असल्यानें

तो अणू व प्रकांड विश्व या दोहोंनाहि लागू पडणारे असे व्यापक नियम शोधून काढतां येईल का हें पाहत होता.

सुसंघटित क्षेत्राच्या उपपत्तीनें सृष्टीचीं कोणतीं नवीं दालनें उघडलीं जातील व त्यामुळें आजवरच्या किती गूढ प्रश्नांवर प्रकाश पडेल हें आजच सांगतां येणार नाहीं; पण एवढें स्पष्ट दिसतें कीं त्याचें कमींत कमी यश हें गुरुत्वाकर्षणाचे नियम व विद्युच्चुंबकांचे नियम विश्वाच्या व्यापक संघटनेंत सुसंघटित करण्यांत होईल. सापेक्षतेच्या उपपत्तीनें गुरुत्वाकर्षणाला स्थलकालसातत्याच्या भूमितीचें रूप दिलें; त्याचप्रमाणें सुसंघटित क्षेत्राची उपपत्ति ही दुसरी एक विश्वव्यापी शक्ति जी विद्युच्चुंबक तिलाहि तशाच तोलाचें स्थान देईल. आइनस्टाइननें एकदां उद्गार काढले होते कीं "स्थलकालाचें स्वरूप हें भूमितिपद्धतीचें व विद्युच्चुंबकीय पद्धतीचें असें द्विविध मानणें तात्त्विक विचारसरणीला असह्य वाटणारें आहे." तथापि अनेक प्रकारें धडपड करूनहि विद्युच्चुंबकीय क्षेत्रांचे नियम त्याला व्यापक अशा सापेक्षतेच्या क्षेत्रांत बसवितां आले नाहींत. सतत तेहतीस वर्षें गणितांतील असंख्य कूटें हाताळून तो त्या क्षेत्रांत फार पुढें जाऊं शकला; पण विद्युच्चुंबकीय क्षेत्र व गुरुत्वाकर्षणाचें क्षेत्र हीं दोन्हीहि वस्तुतः एकच आहेत हें त्यानें सिद्ध केलें का असें कोणी विचारील, तर त्यावर उत्तर असें कीं वाफ, बर्फ व पाणी हीं एकाच पदार्थाचीं विविध रूपें असतांहि तीं 'एकच' आहेत असें विधान करणें जसें कांटेकोर ठरणार नाहीं, तसेंच त्याची सुसंघटित क्षेत्राची उपपत्ति एवढेंच दाखवून देण्याचें पत्करते कीं गुरुत्वाकर्षणाची शक्ति व विद्युच्चुंबकीय शक्ति या एकमेकापासून विलग नाहींत तर अगदीं व्यावहारिक अर्थानें अविभक्त अशा आहेत. विशेषतः गुरुत्वाकर्षणशक्ति व विद्युच्चुंबकीय शक्ति या अंतिम मूल रूपांत एकच होत हें दाखविणें हा या उपपत्तीचा प्रयत्न असतो. या अंतिम मूल क्षेत्रांत गुरुत्वाकर्षणाचें क्षेत्र व विद्युच्चुंबकाचें क्षेत्र हीं आंतील अंतिम क्षेत्राचीं वरवरचीं भासमान तरल रूपें होत.

सुसंघटित क्षेत्राच्या उपपत्तींत गृहीत धरलेले अनेक नियम जर यापुढें होणाऱ्या संशोधनांत टिकून राहतील—कणवादाचे नियमहि त्याच समीकरणावरून काढतां येतील—तर मूलतत्त्वाची मांडणी, किरणोत्सर्गाची यांत्रिक घटना, व अणूच्या अंतरंगांतील विश्व यांविषयीं अभिनव भेदक दृष्टि प्राप्त होईल. तथापि हे सर्व दुय्यम परिणाम होत. कारण सुसंघटित क्षेत्राच्या उपपत्तीचें तत्त्वज्ञानांतील यशस्वी स्थान हें त्याच्या पहिल्या म्हणजे सुसंघटित या संज्ञेत आहे. जडविश्वाच्या संबंधींच्या मा[illegible]्या अनेक कल्पना एकत्रित करण्याचा जो विज्ञानाचा दीर्घकाल

प्रयत्न चालू आहे तो त्यानेंच तर्काधिष्ठित, सुप्रतिष्ठित असा होईल. शतकानुशतकाच्या विकासांत शोध, उपपत्ति, अभिनव शोध हे सर्व एकत्र होत, मिसळत, अधिक व्यापक व अधिक खोलवर असे प्रवाह बनत जातील.

पहिला लांबवरचा टप्पा गांठला तो विश्वांतील असंख्य द्रव्यांची सुमारें ९० द्रव्यांत वाटणी करणें हा होय. नंतर ह्या द्रव्यांचें अधिक मूलगामी अशा मोजक्या द्रव्यांत रूपांतर करण्यांत आलें. त्याचबरोबर विश्वांतील भिन्नभिन्न शक्ति हींहि विद्युच्चुंबक शक्तीचींच रूपें आहेत, तसेंच किरणोत्सर्गाची जीं विविधरूपें म्हणजे प्रकाश, उष्णता, क्ष किरण, रेडियोलहरी, गामा किरण हीं देखील भिन्न आकाराच्या व भिन्न गतीच्या विद्युच्चुंबकीय लहरी होत हें मानण्यांत आलें. सरतेशेवटीं विश्वाचीं विविध रूपें ही कांहीं थोड्या मूल तत्त्वावर येऊन थबकलीं. तीं तत्वें स्थल, काल, द्रव्यशक्ति व गुरुत्वाकर्षण हीं होत. पण आइनस्टाइननें विशिष्ट सापेक्षतेच्या उपपत्तीनें द्रव्य व शक्ति हीं एकच होत हें दाखविलें तर सर्वव्यापी सापेक्षतेनें स्थलकालसातत्य अतूट असल्याचें दाखवून दिलें. त्याच्या सुसंघटित क्षेत्राच्या उपपत्तीनें या एकसंधतेचा कळस गाठण्याचा प्रयत्न केला आहे. कारण तेथून दूरवर पोहोंचणाऱ्या व्यापक दृष्टीनें पाहिलें असतां सर्व विश्व हें एकाच मूलभूत द्रव्यानें व्यापलेलें असून प्रत्येक तारा, प्रत्येक अणु, प्रत्येक धावता धूमकेतु व संथ फिरणाऱ्या आकाशगंगा आणि दौडत असणारा इलेक्ट्रॉन हीं सर्व स्थलकालसातत्याच्या एकसंध सागरावरील लाटा होत असें दिसूं लागतें. यामुळें सृष्टीच्या वरवरच्या विविधतेचें स्थान अन्तर्यामींची गूढ एकात्मता ही घेईल. गुरुत्वाकर्षणाची शक्ति व विद्युच्चुंबकीय शक्ति, द्रव्य व शक्ति, विजेचा झोत व क्षेत्र, स्थल व काल हीं सर्वच आइनस्टाइननें दाखवून दिल्याप्रमाणें चतुर्मापनी सातत्यांत विरून जातात. याप्रमाणें माणसाला दिसणारें जग आणि त्यानें अन्तःप्रेरणेनें कल्पिलेलें त्याचें सत्यस्वरूप हीं सर्व एकांत मिळून जातील व विश्वाचें आंतरिक ऐक्य स्पष्ट प्रतीत होईल.

संघटित क्षेत्राची सर्वव्यापी उपपत्ति विज्ञानाच्या महान ध्येयालाच जाऊन भिडत आहे. या ध्येयाची आइनस्टाइननें एकदां व्याख्या केली होती ती म्हणजे "कमींत कमी गृहीतकृत्यांनीं ज्यास्तींत ज्यास्त व्यावहारिक गोष्टींचा उलगडा करणें ही होय." सुसंघटित प्रमेयें मांडणें, कल्पनांची संगति लावणें, दृश्य विश्वाच्या विविधतेंत व वैशिष्ट्यांत खोलवर नजर टाकून त्याच्यापलीकडे असलेल्या अपृथक्करणीय एकत्वावर झेप घेण्यास लागणारी वृत्ति जागृत करणें एवढेंच कांहीं विज्ञानांतून बुद्धीच्या चक्राला वंगण मिळत नसतें, तर मानवी बुद्धीची

ती एक अत्युच्च अशी तळमळ असते. तत्त्वज्ञ, गूढवादी, व तसाच शास्त्रज्ञ या सर्वांनीं अंतःस्फूर्तीला विशिष्ट वळण लावून जगाच्या वरवर दिसणाऱ्या अस्थिर स्वरूपाच्या मूलस्थानीं असणाऱ्या चिरंतन निर्विकार तत्त्वाचा शोध घेतला आहे. तेवीस शतकांच्याहि पूर्वी प्लेटोनें गर्जना केली होती कीं 'ज्ञानाचा खरा उपासक हा मूळाकडे जाण्यास धडपडत असतो. वरवर दिसणाऱ्या विविध दृश्यांत तो समाधान मानणार नाहीं, कारण हीं दृश्यें केवळ आभासात्मक असतात."

पण मानवाच्या सत्यसंशोधनांतील विरोधाभास असा आहे कीं जसजसें सृष्टीचें सोंग उलगडण्याचा प्रयत्न करीत जावें, गोंधळांतून सुसंगति व अनेकत्वाकडून एकत्वाकडे वळावें, कल्पना सुचत जाऊन सष्टीचे मूलभूत नियम अधिक स्पष्ट होत जावे, तसतसें अंतीं जें चित्र दिसूं लागतें तें रोजच्या अनुभवाच्या फारच दूर गेलेलें असें दिसूं लागतें—इतकें दूरवरचें व इतकें अनाकलनीय होत जातें कीं ओळखीच्या माणसाच्या चेहऱ्याच्या आंतील हाडेंहि त्या मानानें बिनओळखीचीं ठरतील. कारण डोक्याच्या कवटीच्या भूमितीप्रमाणेंच त्यांतील स्नायूंची आंखणी ठरविली जात असती तर आपण डोळ्यांनीं पाहतों त्या झाडाची आकृति व तरंगवादी शास्त्रानें प्रतिपादिलेली आकृति, अथवा उन्हाळ्याच्या रात्रीं नक्षत्रांनीं भरलेलें दिसणारें आकाश व युक्लिडप्रतिपादित दृश्य आकाशाच्या जागेवर आलेलें नवें चतुर्मापक सातत्य यांत साधर्म्य कांहींच रहातें ना.

वरवरचें दृश्य आणि अंतिम तत्त्व यांतील फरक स्पष्ट करीत असतां आणि विश्वाचें मूळ स्वरूप उकलत असतां शास्त्राला इंद्रियानुभूतीच्या गोंधळांतून पलीकडे जावें लागतें. पण आइनस्टाइननें दाखवून दिल्याप्रमाणें अति उंचावर उड्डाण करण्याची किंमत मोजावी तों हातीं लागते ती शून्य पोकळी. तात्त्विक कल्पना ही इंद्रियानुभवापासून जितकी दूर जाते तितकी ती पोकळ ठरत जाते. कारण मानवाला यथार्थपणें कळतें तें जग म्हणजे त्याच्या इंद्रियांनीं निर्मित केलेलें तेवढेंच. इद्रियानुभूतींतून मिळणारे व स्मृतींत संकलित केलेले सर्व संस्कार हे जर तो सोडून देईल तर शिल्लक कांहींच राहणार नाहीं. तत्त्ववेत्त्या हेगेलेनें आपल्या सूत्रमय भाषेंत हेंच सूचित केलें होतें. "केवलास्तित्व व शून्य हीं एकच," परस्परसंबंधाशिवाय नुसतें अस्तित्व याला अर्थच नाहीं. तेव्हां तत्त्वज्ञ व शास्त्रज्ञ हे दृश्य जग म्हणून ज्याला म्हणतात, कीं जें त्यांच्या शारीरिक इद्रियांनीं माखलेलें असतें, ज्यांत प्रकाश व रंग भरलेला असतो, ज्यांत आकाश निळें व झाडाचीं पानें हिरवीं असतात, ज्यांत वारा सुस्कारे टाकत असतो व पाणी गुणगुणत असतें तें जग हें मानव हा आपल्या मूलभूत प्रकृतीनेंच ज्यांत

ठराविक काल जखडला गेला आहे अशा विरोधाभासी स्वरूपाचें ठरतें. आणि ज्या जगाला शास्त्रज्ञ व तत्त्वज्ञ हे अंतिम स्वरूपाचें मानतात तें जग म्हणजे रंगहीन, ध्वनिहीन, स्पर्शहीन असा एक मानवी जाणिवेच्या सागराखालीं बुडलेला बर्फाच्या डोंगरासारखा सांकेतिक चिन्हांचा सांगाडाच ठरतें.

आणि सांकेतिक चिन्हें बदलत असतात. उदाहरणार्थ, गेल्या शतकांतील शास्त्रज्ञांना माहीत होतें कीं गुलाबाचा गुलाबी रंग ही एक आत्मनिष्ठ सौंदर्य-भावना असली तरी 'अंतिम स्वरूपांत' गुलाबी रंगाची भावना ही आकाशांतील प्रकाशतरंगाच्या रूपाचीच असते. आज गुलाबी रंग हा तरंगाच्या भाषेंत वर्णन करावा असा संकेत आहे. पण त्याचें अंतरंग फोटानच्या शक्तीनें मापन करणें हेंहि तितकेंच यथार्थ होईल. अशाच विचारसरणीनें एका प्रख्यात शास्त्रज्ञाला तुसडेपणें म्हणावेसें वाटलें कीं सोमवार, बुधवार, व शुक्रवार या दिवशीं शास्त्रज्ञ हे कणवादी असतात तर मंगळवार, गुरुवार व शनिवार या दिवशीं ते तरंगवादी बनतात. कोणताहि पक्ष घेतला तरी त्यांच्या कल्पना या तात्त्विक उपपत्तीच्या स्वरूपाच्या असतात. आणि तपासून पाहतां गुरुत्वाकर्षण, विद्युत्‌चुंबकत्व, शक्ति, प्रवाह, गति, अणु, न्युट्रॉन या सर्व कल्पना या तात्त्विक कल्पित आकृति व रूपकें असून, तीं दृश्य वस्तूंच्या बुडाशीं असलेल्याची व्यावहारिक कल्पना बसवितां यावी म्हणून मानवानें आपल्या बुद्धीनें रेखाटलेलीं असतात. तेव्हां इंद्रियांनीं मिळणाऱ्या भ्रामक आणि जंजाळ अनुभवाच्या जागीं शास्त्रज्ञांनीं विविध अशीं कल्पित रूपकें बसविलीं आहेत. ह्या रूपकाचें महत्त्व गणिती काटेकोरपणानें डोळ्यांत भरत असलें तरी आधीच्या चुका सुधारून घेण्याची हिंमत असणारा शास्त्रज्ञहि आपणाला अंतिम तत्त्व आकलन झालें आहे अशा कल्पनेंत रंगणारा आढळणें कठीणच. उलट अलीकडच्या शास्त्रज्ञांना जाणीव आहे, व न्यूटनलाहि ती होती, कीं आपण आपल्या पूर्वीच्या शास्त्रज्ञांच्या उत्तुंग खांद्यावर उभे असून आपल्या पूर्वजांची दृष्टि जशी आपणास कोती वाटते तशीच आपल्या पुढील पिढीला आजची आपली दृष्टि ही कोतीच वाटेल.

पुढील काळांत सृष्टीचीं रहस्यें अधिकाधिक उलगडत जाणार असलीं तरी ज्या सृष्टींत आपण वावरतों तिचें विविध रूप समजून घेण्याच्या धडपडींत कांहीं सीमा आपण आज गांठल्या आहेत. सूक्ष्मांतील सूक्ष्मतमांत डोकावूं पाहत असतां आपणासमोर अनिश्चितता, द्वैत, विरोधाभास ह्या भिंती उभ्या असून

आपल्याला जणुं बजावीत आहेत कीं वस्तूंच्या गर्भात अधिक खोलवर डोकावण्याचा प्रयत्न करशील तर ज्याचा ठाव घेण्याचा ह्व्यास बाळगीत आहेस त्या वस्तूचें स्वरूपच विपर्यस्त करून टाकल्याशिवाय रहाणार नाहींस. तसेंच, विश्वाच्या व्यापकतेचा आढावा घेण्याचा प्रयत्न करूं लागला कीं शास्त्रज्ञ हा शेवटीं निराकार अशा स्थलकाल, द्रव्यशक्ति, द्रव्यक्षेत्ररूपी ऐक्यावर येऊन पोहोंचतो कीं जेथून पुढें पाऊल टाकावयाला अवसरच दिसून येत नाहीं. प्लेटो उद्गारला कीं "दृश्य जग हा एक कैदखाना होय." यांतून बाहेर जाऊं पाहणारा प्रत्येक रस्ता हा जों जों पुढें जावें तों तों अधिक खोल व अंधुक होत होत शेवटीं प्रतिमांत व तात्त्विक गूढतेंत लुप्त होतो.

कदाचित् शास्त्रीय ज्ञानाची अंतिम व अनुल्लंघनीय सीमा ही ठरेल कीं विश्वाचा आकार हा भूमितीच्या अनेक आकाराचा संघांत असावा व तो संघांत इतका सुसंबद्ध असावा कीं सर्व दृश्य विश्वाची घडण लक्षांत येऊन अनाकलित असें कांहींच न उरावें. ह्या ध्येयाचा मागोवा घेतच आजवर विज्ञानानें आपल्या प्रायोगिक आणि व्यावहारिक क्षेत्रांत आकर्षक असे विजय मिळविलेले आहेत. कारण वस्तूच्या अंतिम सत्य स्वरूपाविषयीं चकारहि न काढतां विज्ञानानें वस्तूंचे परस्परसंबंध व त्या मागील घटना ठरविण्यांत यश संपादिलें आहे. आल्फ्रेड नॉर्थ व्हाइटहेड यानें घोषणा केली होती कीं 'कांहीं तरी घटना घडून येणें हें सत्याचें मोजमाप होय.' यांत त्याला असें दर्शवावयाचें होतें कीं तात्त्विक उपपत्ति कितीही बदलल्या व त्यांनीं उभारलेले संकेत व कल्पना या कितीही पोकळ असल्या तरी जीवनांतील व विज्ञानांतील मूलभूत व चिरकालिक कल्पना म्हणजे घडून येणाऱ्या घटना, चळवळी व प्रसंग या होत. यांत सूचित केलेल्या कल्पनेचें एक उत्तम उदाहरण द्यावयाचें तर तें दोन इलेक्ट्रॉन्स एकत्र येऊन मिळाले असतां काय प्रकार घडेल या कल्पनेच्या रूपानें देतां येईल. आजच्या शास्त्रीय कल्पनेप्रमाणें याचें चित्र काढावयाचें तर तें द्रव्याचे दोन मूलभूत कण एकमेकावर आदळले आहेत असें, अथवा प्राथमिक स्वरूपाचे विद्युत्कण एकत्र झाले आहेत असें, किंवा कणांचा अथवा संभाव्यतेच्या लहरींचा संघात झाला आहे असें, अथवा चतुर्मात्रक स्थल कालसातत्यांतील भोंवरे भिंगरूं लागले आहेत असें, अशीं विविध चित्रें काढावीं लागतील. या संघर्षणाच्या प्रकारांत मूलभूत पदार्थ कोणते आहेत ह्याची व्याख्या ही उपपत्ति देत नाहीं. म्हणजेच हे इलेक्ट्रॉन्स एका अर्थी 'प्रत्यक्ष' नसून कल्पनानिर्मित प्रतीकें आहेत. जणुं कांहीं बाह्य जग हें प्लॅस्टिकच्या धूसर अशा घुमटाखालीं अर्धवट दडवून ठेवलेलें आहे. बाहेरच्या धूसर ढगांतून आंत

पाहत असतां पाहणाराच्या हरघडी बदलणाऱ्या दृष्टीनें तें जग विरूप व विपरीत होत असल्यानें माणसाला जें काय अंधुक असें दिसतें तें म्हणजे पुनः पुनः घडून येणाऱ्या घटनांमधील दिखाऊ स्थैर्य हें होय. या दिखाऊ घटनांचें सुसंगत असें दर्शन हेंच आमच्या ज्ञानाचें अंतिम टोक होय. याच्या पलीकडे माणूस पाहूं लागतो तेव्हां तो भकास अशा पोकळींत दृष्टि टाकीत असतो.

वैज्ञानिक विचारसरणीच्या उत्क्रांतींत एक गोष्ट स्पष्टपणें दिसून आली आहे. ती म्हणजे जगांत असें गूढ कोणतेंच नाहीं कीं ज्याच्या पलीकडे अधिक गूढतर असें कांहीं नसावें. बुद्धीचे सर्व राजमार्ग, व उपपत्ति आणि कल्पना यांचे आडमार्ग हे शेवटीं तिला अशा एका खिंडारांत नेतात कीं तेथून बुद्धीला आपली सुटकाच करून घेतां येत नाहीं. कारण माणूस हा आपल्या स्वतःच्या अस्तित्वानें जखडला गेलेला असतो. तो मूलतःच सृष्टीचा एक भाग असल्यानें त्याचें अस्तित्व मर्यादितच असतें. त्याचें क्षितिज जसें दूरवर जाऊं लागतें तसतसें नाइल्स भोर या शास्त्रज्ञानें लिहिल्याप्रमाणें त्याला पटूं लागतें कीं 'जीवनाच्या प्रचंड नाट्यांत आपणच नट आणि आपणच प्रेक्षक असे दोन्ही बनत असतों.' अर्थात् मानवापुढें सर्वांत गूढ असें कोडें असेल तर तें मानव हेंच होय. ज्या विश्वांत तो जन्मला त्या विश्वाचें गूढ स्वरूप त्याला आकलन होत नाहीं, व कशाकरतां त्याला जन्मास घातला याचाहि उलगडा होत नाहीं. त्याच्या शारीरिक घटनांचें फार थोडें आकलन त्याला होत असतें. आणि भोंवतालच्या विश्वाकडे पाहण्याची जी खास दृष्टि त्याला प्राप्त झालेली असते त्या दृष्टीच्या स्वरूपाचें, स्वतःच्या बुद्धीच्या रूपाचें, व स्वप्नाच्या पद्धतीचें आकलन तर त्याहूनहि अंधुक असतें. आणि त्या सगळ्यांत त्याची भव्य व गूढ अशी जी शक्ति कीं जिच्या आधारें तो स्वतःच्याहि पलीकडे जाऊन पाहणाऱ्या स्वतःलाच पहात असतो ती तर सर्वस्वी अनाकलनीयच राहते.

ज्या विश्वाचें आकलन करण्याचा प्रयत्न मानव करीत असतो त्या विश्वाचाच तो एक भाग असतो ही त्याच्या ज्ञानमार्गांतील मोठी आंधळी खिंड होय! तारकांच्या मधल्या पोकळींत तरंगणारे कृष्णमेघ ज्या मूळ द्रव्याचे बनलेले असतात त्याच मूळ द्रव्याच्या कणांनीं त्याचा जड देह व चपल बुद्धि हीं बनलेलीं असतात. अंतिम तत्त्वांचा शोध घेत खोलवर गेलें तर असें आढळून येईल कीं मानव हा अंतिम स्थलकालसातत्याचाच एक फक्त क्षणभंगुर असा तरंग आहे. अति सूक्ष्म व अतिविशाल अशांच्या मध्यें उभा असलेला मानव जेव्हां भोंवतीं पाहूं लागतो तेव्हां त्याला सगळीकडे कुंपणेंच दिसं

लागतात. आणि मग आश्चर्यचकित होत्साता एकोणीस शतकांपूर्वी संत पॉल जसें उद्गारला तसेच त्याच्याहि तोंडून उद्गार निघतात कीं "ईश्वर बोलला आणि जग निर्माण झालें. यास्तव हें सर्व दृश्य जग अदृश्यांतून निर्मित झालेलें आहे."

ग. पां.
परचुरे प्रकाशन मन्दिर